

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА БІОТЕХНОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

\_\_\_\_\_ М.М. Барановський

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА  
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 162 «БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ»

**Тема: «Удосконалення технології очищення стічних вод у дріжджовому  
виробництві»**

Виконавець: студентка ЕТ-206М групи \_\_\_\_\_ М. П. Савчук

Керівник: к. т. н., доцент кафедри біотехнології: \_\_\_\_\_ Л.О. Косоголова

Консультант розділу «Охорона праці»: \_\_\_\_\_ В. Д. Павлиш

Консультант розділу

«Охорона навколишнього середовища»: \_\_\_\_\_ О.В. Рябчевський

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_ А.В. Дrajнкіова

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра біотехнології

Спеціальність: 162 «Біотехнології та біоінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_М.М.

Барановський

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

## **ЗАВДАННЯ**

**на виконання дипломної роботи**

**Савчук Марини Петрівни**

1. Тема дипломної роботи «Удосконалення технології очищення стічних вод у дріжджовому виробництві» затверджена наказом ректора від 15 вересня 2020 р.

№1657/ст.

2. Термін виконання роботи: з 15 жовтня 2020 року по 21 грудня 2020 року

3. Зміст пояснювальної записки: РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДРІЖДЖОВИХ ЗАВОДІВ, РОЗДІЛ 2. ВІДХОДИ ДРІЖДЖОВИХ ЗАВОДІВ, РОЗДІЛ 3. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ, РОЗДІЛ 4.

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ДРІЖДЖОВИХ ЗАВОДІВ, РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЯ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ДРІЖДЖОВОГО ВИРОБНИЦТВА, РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО

СЕРЕДОВИЩА, РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ,  
ВИСНОВКИ, СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ  
ДЖЕРЕЛ

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: 12 таблиць, 7 рисунків

6. Календарний план-графік

№	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Пошук літературних джерел за темою дипломної роботи	15.10. – 30.10.2020	
2	Оброблення знайденого літературного матеріалу	31.10. – 10.11.2020	
3	Написання основної частини	01.11– 25.11.2020	
4	Написання висновків	25.11-30.11.2020	
5	Оформлення дипломної роботи	01.12. – 09.12.2020	
6	Перевірка дипломної роботи керівником	10.12.2020	
7	Виправлення виявлених недоліків	12.12. – 19.12.2020	
8	Захист дипломної роботи	22.12.2020	

7. Консультанти з окремих розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Старший викладач Павлиш В.Д.		
Охорона навколишнього середовища	Провідний фахівець кафедри екології Рябчевський О. В.		

8. Дата видачі завдання: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ р.

Керівник дипломної роботи: \_\_\_\_\_ Л.О. Косоголова

(підпис керівника)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_ М.П. Савчук

(підпис випускника)

## **РЕФЕРАТ**

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Удосконалення технології очищення стічних вод у дріжджовому виробництві»: 98 с., 7 рис., 12 табл., 57 літературних джерела.

**Об'єкт дослідження:** процес утворення та утилізації стічних вод дріжджового виробництва, електродіаліз.

**Предмет дослідження:** стічні води післядріжджового виробництва: післядріжджова бражка; стічна вода I, II, III ступенів сепарації; теплообмінні води; стічні води після миття обладнання.

**Метою роботи** є розробка пропозицій щодо вдосконалення утилізації відходів дріжджових відходів для гарантування екологічної безпеки виробництва.

**Методи дослідження:** аналітичні, порівняльні, фізико-хімічні, статистичні методи обрахунку отриманих результатів.

Досліджено шляхи утворення та утилізації стічних вод дріжджових виробництв. Показано якісний і кількісний склад стічних вод дріжджового виробництва. Розглянуто основні методи утилізації стічних вод дріжджового виробництва. Запропоновано фізичні методи додаткової обробки стічних вод, зокрема метод електродіалізу.

**ДРІЖДЖОВЕ ВИРОБНИЦТВО, СТІЧНІ ВОДИ, ОСАДИ СТІЧНИХ ВОД, УТИЛІЗАЦІЯ, ВІДХОДИ, ЕЛЕКТРОДІАЛІЗ, БІОГАЗОВІ УСТАНОВКИ**

**ЗМІСТ ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ**Error! **Bookmark not defined.**

ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДРІЖДЖОВИХ ЗАВОДІВ.....	10
1.1. Роль дріжджів у харчовій промисловості .....	10
1.2. Технологічний процес виробництва дріжджів .....	12
1.3. Висновки до розділу.....	24
РОЗДІЛ 2. ВІДХОДИ ДРІЖДЖОВИХ ЗАВОДІВ .....	25
2.1. Утворення відходів дріжджових виробництв.....	25
2.2. Характеристика стічних вод дріжджових виробництв .....	26
2.3. Поводження з твердими відходами.....	30
2.4. Висновки до розділу .....	31
РОЗДІЛ 3. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	32
3.1. Відбір і зберігання проб .....	32
3.2. Методи визначення фізико-хімічних показників стічних вод .....	35
3.3. Висновки до розділу.....	44
РОЗДІЛ 4. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ДРІЖДЖОВИХ ЗАВОДІВ .....	46
4.1. Методи очищення стічних вод дріжджових заводів .....	46

4.2. Сучасні тенденції очистки стічних вод дріжджового виробництва .....	56
4.3. Очищення стічних вод дріжджових підприємств за допомогою електричного .....	57
поля .....	57
4.4. Висновки до розділу .....	62
<b>РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЯ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ДРІЖДЖОВОГО ВИРОБНИЦТВА.....</b>	<b>63</b>
5.1. Основні аспекти процесу біологічної очистки стічних вод дріжджового виробництва .....	63
5.2. Біотехнологія очистки стічних вод дріжджових підприємств.....	67
5.3. Опис схеми біогазового реактора.....	72
5.4. Умови експлуатації біогазової установки.....	75
5.5. Висновки до розділу .....	76
<b>РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>77</b>
6.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час експлуатації біогазових установок.....	77
6.2. Технічні та організаційні заходи для зменшення рівню впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів при використанні біогазових установок.....	81
6.3. Розрахунок надлишкового тиску під час згоряння сумішей горючих газів з повітрям у навколишньому просторі .....	86
6.4. Висновки до розділу .....	91
<b>РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....</b>	<b>92</b>

ВИСНОВКИ.....	102
СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	103

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ**

БСК-біологічне споживання кисню

БВК- білково-вітамінних концентратів

ГДК-гранично допустима концентрація

ХСК – хімічне споживання кисню

ОСВ-осади стічних вод

СВ-стічні води

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Дріжджова промисловість є великомасштабною галуззю харчової промисловості, зокрема виробництво хлібопекарських дріжджів. Внаслідок зростання потужностей заводів з виробництва дріжджів актуальними стають проблеми поводження з відходами дріжджової промисловості. особливою специфікою характеризуються стічні води з високим вмістом органічних речовин та осади біологічного очищення води.

Для утилізації стічних вод дріжджового виробництва найдоцільніше використовувати біологічні методи переробки стічних вод у біогаз за допомогою біогазових установок. Стічні води дріжджового виробництва потребують попереднього очищення перед подачею у біогазові установки, в наслідок високої забрудненості.

Переробка післядріжджової барди в біогаз є економічно вигідним процесом за рахунок використання його на власні потреби як палива.

Переробка післядріжджової барди в біогаз є економічно вигідним процесом за рахунок використання його на власні потреби як палива. При цьому знижується кількість різних видів палива, що закуповується, виключаються його затрати на упарювання (при виробництві сушеної післядріжджової барди) і сушку (при виробництві всіх кормових засобів); також знижується споживання електричної енергії, особливо при ліквідації промислового виробництва дріжджів.

**Метою роботи** є розробка пропозицій щодо вдосконалення утилізації відходів дріжджових відходів для гарантування екологічної безпеки виробництва.

Для досягнення мети було поставлено наступні завдання:



- дати характеристику виробничої діяльності дріжджових заводів, та визначити екологічно небезпечні стадії технологічного процесу виробництва дріжджів;
- провести аналіз джерел утворення стічних вод на дріжджових заводах, їх склад та поводження з відходами;
- проаналізувати сучасний стан очищення стічних вод дріжджових виробництв та визначити шляхи підвищення екологічної безпеки поводження з відходами;
- запропонувати технологію очищення стоків дріжджових відходів

**Об'єкт дослідження** – стічні води післядріжджового виробництва: післядріжджова бражка; стічна вода I, II, III ступенів сепарації; теплообмінні води; стічні води після миття обладнання.

**Предмет дослідження:** процес утворення та утилізації стічних вод дріжджового виробництва, електродіаліз

# РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДРІЖДЖОВИХ ЗАВОДІВ

## 1.1. Роль дріжджів у харчовій промисловості

Дріжджі були першими мікроорганізмами, які людина стала використовувати для задоволення своїх потреб. Основна властивість дріжджів, яка завжди була привабливою для людини - це здатність до утворення досить великих кількостей спирту з цукру [1].

В останні десятиліття різноманітність біотехнологічних процесів, в яких використовуються дріжджі, різко збільшилася. Ще більш різноманітні перспективи використання дріжджів: в різних розробках, патентах тощо згадується понад 200 видів. Зараз дріжджі використовуються для отримання різних ферментних препаратів, органічних кислот, полісахаридів, багатоатомних спиртів, вітамінів і вітамінних добавок, а також у безлічі інших дрібномасштабних процесах [1].

Промислово важливі органічні кислоти, які продукують мікроорганізмами, є або кінцевими продуктами (молочна, масляна, пропіонова кислоти у анаеробних бактерій), або інтермедіатами метаболізму. Останні можна отримувати за допомогою дріжджів. У найбільших масштабах виробляється лимонна кислота, в основному за допомогою *Aspergillus niger*, з використанням у якості субстрату меляси. Проте, її можна отримувати і з допомогою дріжджів на більш дешевих субстратах, таких як парафіну нафти або етанол. Зараз розроблено технології отримання та багатьох інших кислот, наприклад, ізолімонної з *Candida catenulata*, фумарової з *Candida hydrocarbofumarica*, яблучної з *Pichia membranaefaciens* та ін. Багатоатомні спирти (гліцерин, ксиліт, Еритреї, араби) – широко застосовуються в хімічній і харчовій промисловості [2].

У дріжджів присутня здатність до синтезу деяких вітамінів групи В, а особливо рибофлавіну. Деякі червоні дріжджі можуть бути використані для отримання каротиноїдів, зокрема  $\beta$ -каротину, який слугує попередником вітаміну А, астаксантину, що використовують в якості кормової добавки в рибному господарстві. Окрім виробництва індивідуальних вітамінів у світі вже багато років практикується отримання автолізу та гідролізатів дріжджів, питних дріжджів, які використовуються як смакові добавки та як джерело вітамінів [2].

В основі отримання вина базується зброджування глюкози та фруктози виноградного соку з утворенням етилового спирту. Зібраний виноград дають і отримують так зване виноградне сусло, або муст, в якому міститься 10-25% цукру. У звичайних процесах виробництва вина зброджування муст ведеться за допомогою дріжджів, присутніх на поверхні винограду. Дріжджі вносять у виробництво вина вагомий внесок: вони відповідальні за утворення етанолу в напої, а також за накопичення в ньому безлічі вторинних сполук, від яких залежить його смак і аромат. Такі з'єднання зазвичай називають органолептичними. Деяка частина з них утворюється безпосередньо в процесі бродіння, а частина - при хімічних перетвореннях компонентів вина в процесі його дозрівання. У винах було виявлено сотні органолептичних сполук. Багато з них присутні у дуже малих кількостях і майже не підлягають ідентифікації. Ще важче визначити вклад всіх цих сполук в кінцевий букет вина, оскільки кожна речовина характеризується своєю певною концентрацією, при якій його наявність можна вловити з допомогою нюху (так званий поріг запаху) [2].

Технологія приготування пива включає кілька етапів. Пиво виробляють із зерна, яке на відміну від винограду містить в основному крохмаль, погано засвоюваний дріжджами. Тому перед початком зброджування такий крохмаль необхідно гідролізувати [2].

У пивоварінні розрізняють два типи бродіння: верхнє (тепле) і низове (холодне). Викликають їх дріжджі різняться рядом властивостей і раніше розглядалися як різні види: верхні *Saccharomyces cerevisiae* і нижні *Saccharomyces carlsbergensis*. Дріжджі нижнього бродіння функціонують при температурі 6-10 °С, у той час як верхнє бродіння протікає при 14-25 °С. В кінці бродіння низові дріжджі осідають на дно посудини, утворюючи щільний осад, а верхні дріжджі спливають на поверхню, утворюючи так звану «шапку». Підйом дріжджів верхнього бродіння на поверхню обумовлений більш інтенсивним бродінням, при якому утворюються бульбашки вуглекислого газу, що піднімають дріжджові клітини [3].

Важлива технологічна властивість дріжджів, що використовуються в пивоварінні - так звана флокуляційна здатність. Від флокуляційної здатності дріжджів в значній мірі залежать ступінь зброджування сусла, освітлювання пива і кількість зібраних дріжджів в кінці бродіння. З іншого боку, флокуляція дріжджів після того, як бродіння закінчилося або досягла бажаної стадії, дуже полегшує видалення дріжджів з напою. Іншими словами, дріжджі повинні флокулювати тільки на певній стадії бродіння. У злипанні клітин беруть участь присутні в розчині іони двовалентного кальцію, що взаємодіють з карбоксильними і фосфодієфірних групами на поверхні клітинних стінок дріжджів [4].

Здійснюється контроль мікробіологічної чистоти води, повітря, обладнання, сировини на відповідність їх вимогам санітарного законодавства [7].

## **1.2. Технологічний процес виробництва дріжджів**

Процес виробництва хлібопекарських дріжджів базується на наступних важливих технологічних стадіях:

- приймання, зберігання та подача меляси на виробництво;

- підготовка поживного середовища (антисептування, стерилізація, пастеризація, охолодження, живлення);
- приготування сусла (підготовка посівних дріжджів);
- процес ферментації;
- 3-х ступенева сепарація;
- вакуум фільтрування дріжджів; □ охолодження та пресування дріжджів;
- пакування готової продукції.

Технологічна схема виробництва дріжджів зображена на рис. 1.1

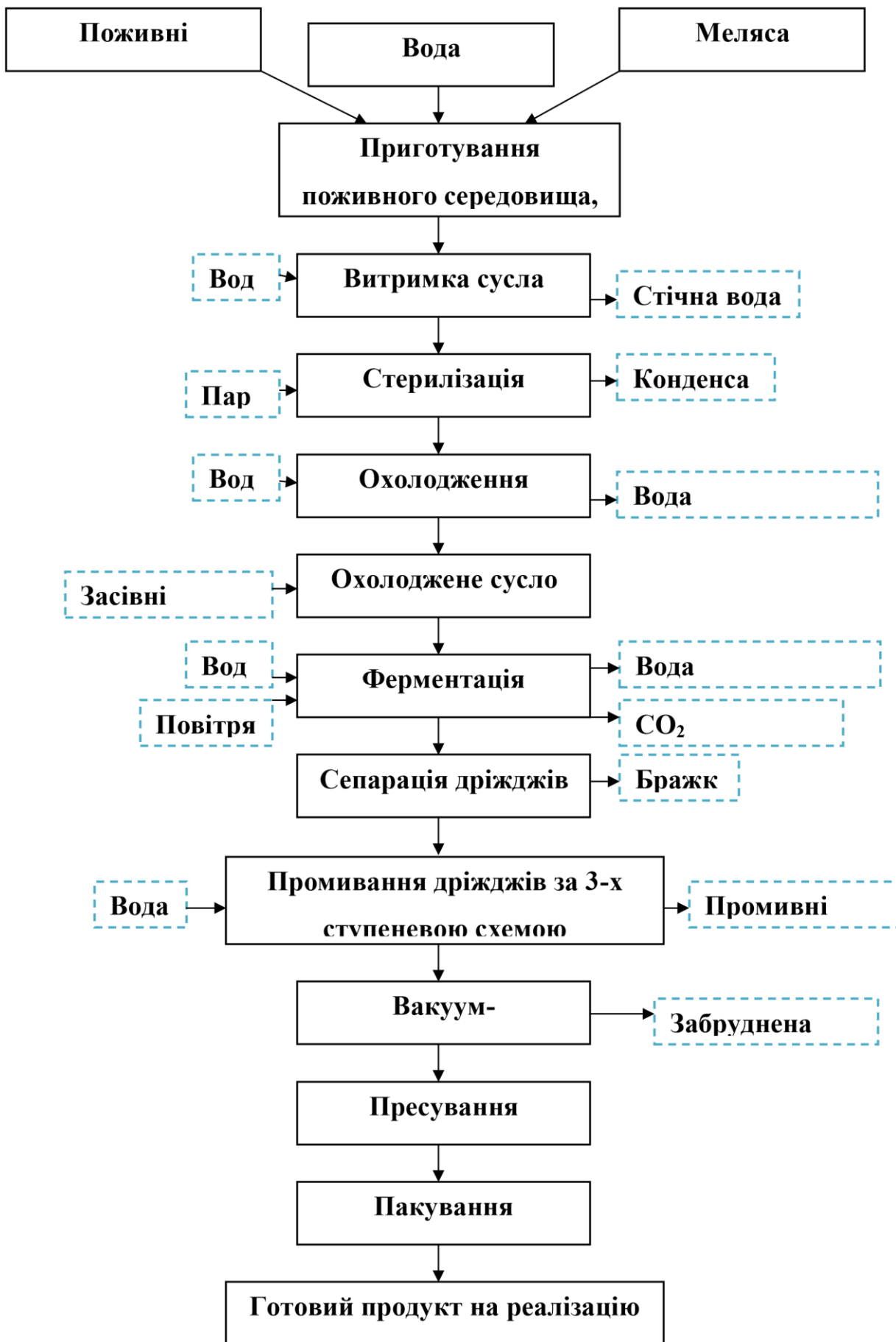


Рис.1.1. Технологічна схема виробництва хлібопекарських дріжджі Для запобігання забрудненню технологічного устаткування і комунікацій сторонньою мікробіотою та для підтримування санітарно-гігієнічного стану в дріжджових виробництвах потрібно проводити регулярне миття і дезинфікування устаткування, комунікацій, виробничих приміщень [7].

Зазвичай обробка устаткування та комунікацій проводиться миючими розчинами (розчином їдкою натру з масовою часткою 3 %, розчином азотної кислоти з масовою часткою 1%). Дезинфекцію комунікацій та устаткування проводять після ретельної обробки миючими розчинами. В якості дезинфікуючих засобів використовують розчини хлораміну, формаліну, хлорного вапна [8].

Для дезинфекції формалін застосовують у вигляді водного розчину або в порошкоподібному стані. Залежно від степені забруднення устаткування сторонньою мікрофлорою витрата розчину формаліну з масовою часткою 40 % складає від 10 г до 20 г на 1 м<sup>3</sup> оброблюваного апарату. При обробці апарат заздалегідь нагрівають до температури 45°C, задають формалін і витримують апарат протягом 1 години при температурі 65°C. Формалін, що залишився в апараті нейтралізують аміаком з розрахунку 10-12 г водного аміаку з масовою часткою 25 % на 80 г формальдегіду і продувають повітрям не менше 15-20 хвилин. Для дезинфекції комунікацій, їх заповнюють розчином формаліну з масовою часткою 1 %, витримують від 30 до 60 хвилин, ретельно промивають гарячою водою і пропарюють [8].

Приймання, зберігання і видача м'яса відбувається нижче зазначеним чином. Основна сировина, що буде використовуватись в подальшому процесі отримання хлібопекарських дріжджів це бурякова м'яса.

На завод м'яса потрапляє в автоцистернах та залізничних цистернах. Перед розвантаженням кожна цистерна підлягає обов'язковому зважуванню на залізничних вагах.

У осінньо-зимовий період року мелясу перед розвантаженням розігрівають до температури не більше  $(40+2)^{\circ}\text{C}$ . З цистерни через герметичний пристрій нижнього зливу меляса поступає в зливний лоток. Із зливного баку мелясу за допомогою насосів перекачують у витратну ємність і після її заповнення в резервуар для зберігання [8].

Перед безпосередньою подачею на виробничу лінію, мелясу за необхідності можна розігріти подачею пари за температури  $(40+2)^{\circ}\text{C}$  і циркулювання. Меляса важена порціями подається в збірник, де відбувається змішування з водою. Розбавлена меляса подається насосом в заторний бак або мелясовий сепаратор, де проходить очищення від колоїдів і механічних домішок. Після валідації у лабораторії, а також контролю гомогенізації, мелясу передають насосами у відділ приготування поживних середовищ.

Приготування і стерилізація поживних середовищ для вирощування дріжджів має важливе значення. Для збереження виробничої культури використовують способи вирощування: на сушло-агарі та в напіврідкому живильному середовищі.

При першому способі готують суміш солодового сушла масовою часткою сухих речовин – 8 % і агару – 2 %.

При другому способі готують середовище наступного складу:

- масова частка глюкози – 0,5 %
- масова частка дріжджового автолізату – 0,5 %
- масова частка хлориду натрію – 0,8 %
- масова частка агару – 0,1 %

Середовище розливають по пробіркам по 50 мл і стерилізують у автоклаві при температурі  $(118\pm 2)^{\circ}\text{C}$  на протязі  $(30+1)$  хвилин.

Приготування посівного поживного середовища для подальшої подачі у ферментери відбувається наступним чином. У ємність набирається попередньо розрахована кількість меляси, при увімкненій мішалці, подача води здійснюється до об'єму  $5 \text{ м}^3$ , задають розраховану попередньо кількість солей, перемішують і



відбирають пробу для подальшого лабораторного аналізу. Після закінчення стерилізації апаратури для посіву, проводиться стерилізація посівного поживного середовища та його наступне охолодження [9].

Процес вирощування культури дріжджів базується на двох основних стадіях: вирощування посівних дріжджів та товарних дріжджів. Вирізняють такі етапи розмноження культури посівних дріжджів: чистої культури, лабораторну, товарних дріжджів.

Вирощування посівних дріжджів починається з засіву чистої культури дріжджів в пробірки з середовищем агаросолодовим сушлом. Висів здійснюють з агару мікробіологічною петлею у пробірки з солодовим сушлом.

Наступні стадії розмноження посівних дріжджів проводять у відділенні чистих культур, у малому інокуляторі, великим інокулятором і апаратом чистої культури. Середовищем для культивування дріжджів у виділених чистих культурах слугує мелясне сушло, у яке внесені розрахункові співвідношення поживних мінеральних солей, сірчана кислота та стимулятори росту. В всіх трьох стадіях дріжджовий препарат розмножують за концентрації поживного середовища 12% за цукром, рН 4,5 і температурі 28 – 30°C протягом 30 – 36 год.

Не залежно від розбіжності технологічних схем, передбачається вирощування дріжджів у три основні генерації: генерація А – отримання маткових дріжджів чистої культури і природно чистої культури; генерація Б – отримання засівних дріжджів; генерація В – культивування товарних дріжджів.

Маткові називаються дріжджі, які використовують для посіву у поживне середовище при одержанні засівних дріжджів. Засівні дріжджі слугують посівним матеріалом при отриманні товарних дріжджів [9].

Товарні дріжджі – це повністю готовий до подальшого використання продукт, яки відповідає всім встановленим вимогам відповідного стандарту.

Технологія культивування маткових дріжджів (генерація А) базується на отриманні дріжджів чистої культури із музейних культур дріжджів і отримання дріжджів природно чистої культури із дріжджів чистої культури.

Вирощування дріжджі чистої культури спочатку проводиться в лабораторних умовах, а потім у відділенні чистих культур. У лабораторії розмноження дріжджів чистої культури здійснюється у чотири стадії дотримуючись умов строгої стерильності. У перших трьох стадіях у якості поживного середовища слугує солодове сусло, у четвертій стадії солодове сусло заміюється на змішане середовище [9].

На першій стадії розмноження чотири пробірки ємністю 10-15 мл зі стерильним поживним середовищем засівають музейною культурою. На другій стадії розмноження дріжджів проводять у чотирьох колбах ємністю 100 мл, що містять по 50 мл стерильного поживного середовища, яке засівають вмістом пробірок першої стадії. На третій стадії дріжджі вирощують у чотирьох колбах ємністю 0,75-1,0 л, що містять по 0,45 л стерильного живильного середовища. На четвертій стадії розмноження дріжджів здійснюють у чотирьох ємностях по 10 л кожна з 7 л стерильного поживного середовища. У них засівають вміст колби попередньої стадії. Розмноження дріжджів триває 18-24 год при температурі 26-30 °С [11].

У перших трьох стадіях вирощування дріжджів відбувається при слабкій аерації культуральної рідини, що зростає послідовно від стадії до стадії.

У четвертій стадії проводиться постійна аерація вирощування дріжджів поживного середовища. Температура бродіння становить 30 °С.

Після закінчення культивування дріжджів чистої культури, виділяють з культурального середовища, промивають холодною водою і ущільнюють на сепараторах. Одержується дріжджове молоко, що містить 300-600 г дріжджів у 1 л у перерахунку на пресовані дріжджі.

Отримання дріжджів природно-чистої культури здійснюється у дві стадії. На першій стадії дріжджі чистої культури які мають вигляд дріжджового молока, оброблюються сірчаною кислотою для очищення від сторонньої мікрофлори і проводять посів у дріжджеростильний апарат заповнений поживним середовищем. Культивування дріжджів відбувається при температурі 30 °С і рН середовища 4,5 при постійній аерації 30 м<sup>3</sup>/год на 1 м<sup>3</sup>.

Вирощені на першій стадії дріжджі з культуральним середовищем подають на другу стадію. Разом у апарат з поживним середовищем подають: концентрація поживного середовища 3-3,5 % сухих речовин, рН середовища 4,5 і температура бродіння 30 °С. Процес культивування відбувається за постійної аерації. На цій стадії цикл культивування маткових дріжджів завершується. Найкраще зберігати маткові дріжджі у вигляді дріжджового молока [9].

Вихід маткових дріжджів сягає приблизно 50 % маси витраченої меляси. Маткові дріжджі повинні відповідати наступним вимогам: не містити сторонніх домішок сторонньої мікрофлори, мати високу стійкість при зберіганні, мати низьку осмочутливість, мати високу активність росту і розмноження. Маткові дріжджі ПЧК повинні мати мальтозну активність 70-100 хв, , підйомну силу 40-50 хв, осмочутливість не більше 10 хв. В міру необхідності їх витрачають для виробництва засівних дріжджів [10].

Отримання засівних дріжджів (генерація Б) – на сучасних дріжджових підприємствах товарні хлібопекарські дріжджі вирощують у дві стадії. На першій стадії вирощують засівні дріжджі (генерація Б), на другій - товарні (генерація В). Культивування засівних дріжджів здійснюється в дріжджеростильному апараті, який являє собою циліндричну, герметично закриту ємність з оболонкою охолодження, повітроно-стачальними, технологічними і каналізаційними пристроями. Апарат завантажують матковим середовищем, у яке додають маткові дріжджі природно чистої культури у вигляді дріжджового молока. Вирощують дріжджі

повітрянопритічним способом, що передбачає поступовий приплив живильних речовин в апарат (меляси, азот- і фосфорутримуючих солей) і постійну аерацію культурального середовища [10].

Температуру при цьому підтримують на рівні 30 °С, активну кислотність середовища регулюють шляхом додавання аміачної води до рН 4,5-5,0; інтенсивність аерації 80 м<sup>3</sup>/год на 1 м<sup>3</sup> середовища в апараті. Тривалість процесу 817 год. По закінченні бродіння засівні дріжджі генерації Б негайно подають для засіву в апарат для вирощування товарних дріжджів (генерація В) чи сепарують і зберігають у виді дріжджового молока при температурі 2-8 °С. Клітини цих дріжджів повинні бути рівномірними і великими. Засівні дріжджі не повинні бути інфіковані іншими мікроорганізмами.

Виробництво товарних дріжджів здійснюють у дріжджеростильних апаратах ємністю 100 м<sup>3</sup> повітряно-проточним способом. Тривалість процесу вирощування 12-20 год і більше. Для вирощування дріжджів використовують два дріжджеростильних апарати: основний і відбіркового. В основному апараті здійснюється ріст і розмноження дріжджових клітин, накопичується біомаса (накопичувальний період). У відбіркового відбувається дозрівання дріжджових клітин. Вирощують дріжджі в такій послідовності: в основний дріжджеростильний апарат ємністю 100 м<sup>3</sup> подають воду і розчин меляси. Концентрація сухих речовин повинна складати 2,5 % по сахариметру. Потім у поживне середовище додають розчини солей, ростові речовини і вносять засівні дріжджі [11].

Після цього в апарат подають поживні розчини за графіком, що враховує накопичення біомаси дріжджів. У накопичувальний період дріжджову масу аерують з інтенсивністю 100 м<sup>3</sup>/год на 1 м<sup>3</sup> середовища. Вирощують дріжджі при температурі 30 °С, рН середовища в початковий період 4,5. Накопичення біомаси дріжджів в основному дріжджеростильному апараті триває сім годин. До кінця цього періоду заповнюється весь корисний об'єм дріжджеростильного апарату.

Після семи годин накопичення біомаси в основному апараті починають поступовий добір дріжджової маси у відбірковий апарат. одночасно з цим в основний дріжджеростильний апарат з такою ж швидкістю вводять мелясне сусло, розчини солей, воду. Таким чином, рівень культурального середовища в апараті залишається постійним. У відбірковому апараті дріжджі дозрівають протягом 1 години без додавання поживних речовин при аерації 15-25 м<sup>3</sup>/год на 1 м<sup>3</sup> середовища. Період відборів триває 15 годин при двадцятигодинному періоді розмноження і 4 години - при дванадцятигодинному періоді [11].

Дозрівання дріжджів завершує процес їхнього культивування. Від стадії дозрівання в значній мірі залежить якість хлібопекарських дріжджів. У процесі дозрівання дріжджові клітини асимілюють залишкові поживні речовини субстрату, завершується процес їхнього брунькування. Під час дозрівання ферментні системи клітини перебудовуються з активного синтезу біомаси на обмінні процеси, що підтримують лише життєдіяльність клітини. Поряд з дозріванням дріжджів у відбірковому апараті може накопичуватися до 10-12 % біомаси. Загальний об'єм відбіркового дріжджіростильного апарату повинен складати не менш 1/3 об'єму основного. Дріжджі, що дозріли в відбірковому чані, надходять на сепаратори для виділення їх з культурального середовища. Зазвичай використовують триступінчасте сепарування, що передбачає відділення бражки з одночасною подачею води, промивання дріжджів і згущення дріжджового молока. Для промивання застосовують холодну воду [12].

Промите і згущене до концентрації 450-700 г/л дріжджове молоко з температурою 6-8 °С надходить у збірник з мішалками, де охолоджується до температури 4-6 °С і подається на фільтрпреси чи вакуум-фільтри для видалення залишків промивної води. Далі дріжджі надходять у формувальну машину. У деяких випадках у дріжджі при перемішуванні вносять деяку кількість води для досягнення необхідної консистенції або 0,1 % рослинної олії для додання еластичності.

Сформовані й упаковані в папір автоматами прямокутні бруски дріжджів укладаються в дерев'яні чисті, сухі, без стороннього запаху ящики. Випускаються дріжджі брикетами масою 1000, 500, 100 і 50 г. Загорнуті в папір на автоматах пакети дріжджів укладають в ящики, потім охолоджують в холодильній камері до  $-2^{\circ}\text{C}$ . Апаратурна схема виробництва дріжджів представлена на рис. 1.2 [13].

Товарні дріжджі отримують на рідкому мелясному середовищі в апаратах для вирощування дріжджів при аерації культурального середовища. Товарні дріжджі зазвичай отримують в три етапи. Спочатку розмножують перший посівний матеріал, далі другі завдаткові дріжджі і з них отримують товарні дріжджі. Отримання перших завдаткових дріжджів іде без притоку середовища; тривалість процесу 6 – 7 годин. На другому етапі прагнуть повністю виключити спиртове бродіння, тому дріжджі вирощують в умовах інтенсивної аерації, лімітуючи концентрацію цукру в середовищі, за проточним методом культивування. Частіш за все тривалість цього етапу 10 – 12 годин. останній етап виробництва дріжджів триває 10 – 24 години. В чистий апарат вводять 70 – 80% теплої води від необхідного для кінцевого розведення меляси (1:17 – 1:30) кількості, додають 10% меляси і розчину солей, встановлюють оптимальні для культури дріжджів рН середовища, температуру і починають помірну аерацію (1:1 по об'єму). В таке середовище вводять посівний матеріал, тобто завдаткові дріжджі – 8 – 15% сухої маси від кількості цукру, що засвоюється. На протязі першої години середовище не додають, але в наступні 10 годин її вводять безперервно потоком в кількості 5; 6; 7,2; 8,2; 9,2; 10,2; 11,4; 12,8; 11; 9% за годину від загальної кількості середовища [14].

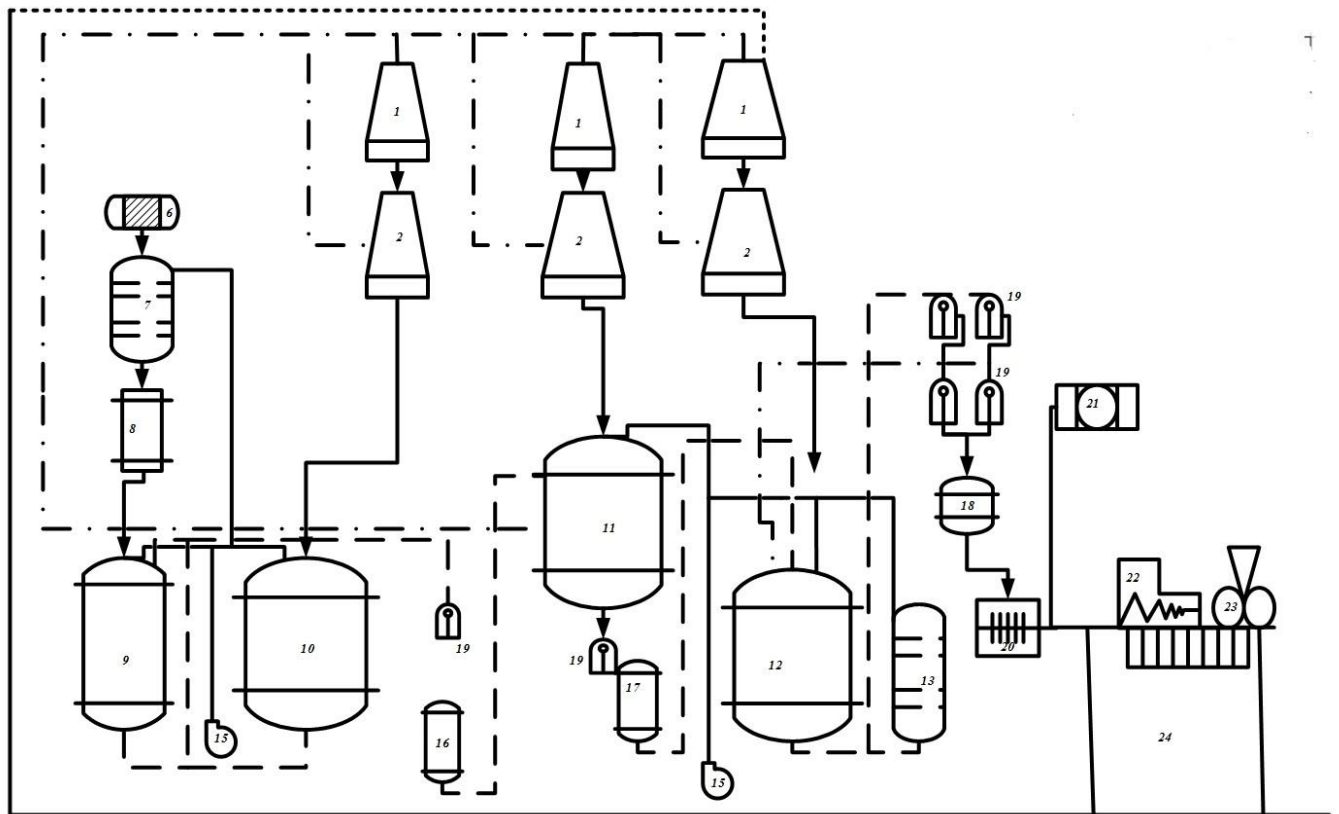


Рис. 1.2. Апаратурна схема виробництва дріжджів: 1 – освітлювальний чан; 2 – припливний чан; 6 – малий апарат чистих культур; 7 – великий апарат чистих культур; 8 – 1-й проміжний апарат; 9 – 2-й проміжний апарат; 10 – дріжевирощувальний матковий апарат; 11 – дріжевирощувальний завдатковий апарат; 12 – дріжевирощувальний товарний апарат; 13 – відбірковий чан; 14 – відцентровий насос; 15 – повітродувка; 16, 17, 18 – приймачі сепарованих дріжджів; 19 – сепаратори; 20 – поршневий насос; 21 – фільтри прес; 22 – місильна машина; 23 – формувальна машина; 24 – холодильник

Аерація на протязі усього часу ферментації також змінюється. В першу і останню годину культивування вона менша (1:1), а в період інтенсивного розмноження досягає 1,5 – 2,0 об'єму повітря на одну одиницю об'єму середовища за хвилину [12].

Біомасу дріжджів відділяють від культуральної рідини, використовуючи сепаратори. Процес сепарування іде в три етапи, при подвійній промивці суспензії

клітин водою для видалення залишків середовища, бактерій і домішок. отримують концентрат дріжджів, що має 80 – 120 г/л сухої біомаси. Його охолоджують до 8 – 10°C, фільтрують на вакуум-фільтрах або фільтр-пресах і отримують дріжджову пасту з 70 – 75%-ою вологістю. Після кондиціонування пасти водою до стандартної (75%) вологості, дріжджі формують у плитки масою 100, 1000г і запаковують. Зберігають пресовані дріжджі при температурі 0 – 4°C до 10 діб. Хлібопекарські дріжджі можна висушувати при температурі 30 – 40°C до вологості 8% і зберігати до 6 місяців [12].

### **1.3. Висновки до розділу**

Дріжджі являються цінним продуктом який широко застосовується у сучасних промислових комплексах.

Виробництво дріжджів є високотехнологічним процесом який відбувається із залученням різних методів сучасної промислової біотехнології.

Дріжджі можуть вирощуватися на вторинні й сировині тобто побічних продуктах спиртового та цукрового виробництва таких як після спиртова барда для кормових дріжджів та меляса для виробництва хлібопекарських дріжджів. Алене зважаючи на цей факт після виробництва дріжджів утворюється досить велика кількість стічних вод і осадів які вимагають раціональної утилізації.



## РОЗДІЛ 2

### ВІДХОДИ ДРІЖДЖОВИХ ЗАВОІВ

#### 2.1. Утворення відходів дріжджових виробництв

В Україні на початок 1990 р. було близько 20 дріжджових заводів, а у 2008 році з 10 потужних класичних дріжджзаводів активно працювало чотири підприємства (ЗАТ «Ензим» потужністю 50 тис. т/рік м. Львів, «Наdejда» м. Харків, «Дріжджзавод» м. Одеса).

На дріжджових заводах промислові відходи складаються з відпрацьованого м'ясового суслу і промивних вод, службових для охолодження і промивання готової продукції. Разом із стічними водами видаляється органічних речовин [14].

Основними джерелами утворення високо забруднених вод спеціалізованих дріжджових заводів є скидання з дріжджевирощувальних апаратів при нестерильних ферментації, води від миття обладнання, приміщень, промивання дріжджів і т. д.

Основним недоліком сучасних дріжджових заводів, які в якості субстрату використовують м'ясу, – утворення у великих кількостях післядріжджової барди яка підлягає подальшій утилізації. Такі особливості стоків зумовлюють утворення високоіонізованих стоків з рН 3,5–5; площі сільськогосподарських угідь що використовуються під полями фільтрації перетворюються у відстійники барди й стічних вод; неповна утилізація органічних речовин м'яси й м'ясної барди [15].

Дослідженнями встановлено, що основним джерелом забруднення стічних вод є дріжджова бражка і спиртова барда. Біологічна потреба у кисні (>БСК<sub>5</sub>) дріжджової бражки дорівнює 4600—5200 мг O<sub>2</sub>/л, спиртової барди — близько 6000, тобто вдвічі-

втричі більше, ніж для загальнозаводського стоку, де БСК<sub>5</sub> становить 1400 – 1800 мг о<sub>2</sub>/л. [15].

У технологічному процесі виробництва дріжджів є декілька місць, де відбувається скидання стічних вод безпосередньо у каналізацію. Такими стічними водами можуть бути чисті стоки – води з теплообмінників, а в іншому випадку це висококонцентровані стісні води. Промислові стоки містять у своєму складі практично усі речовини, що переходять в гідролізат в процесі гідролізу, хімікати, вживані у виробництві, продукти життєдіяльності дріжджів. Проблема утворення, утилізації та очищення стічних вод у сучасній харчовій промисловості посядає першочергове місце для вирішення, узагальнена характеристика стічних вод дріжджових заводів представлена у табл. 2.1 [15].

Таблиця 2.1

Характеристика стічних вод

Стічних вод на 1 т дріжджів продукції, м <sup>3</sup> /т	БСК повне, мг о <sub>2</sub> /л	Основний тип забруднень
20	14400	Органічні та мінеральні сполуки

## 2.2. Характеристика стічних вод дріжджових виробництв

Дріжджова промисловість є великомасштабною галуззю біотехнології, зокрема виробництва хлібопекарських та кормових дріжджів.

У стічних водах гідролізатно-дріжджових заводів сильним забруднювачем є фурфурол в концентрації до 50 мг/л, в стоках виробництва білково-вітамінних концентратів (БВК) на н-парафінах підвищена концентрація вуглеводнів – до 600 мг/л, а забруднення стоків мікробіологічних виробництв з БСК – 3000 мг/гл. [16].

Потужність заводів хлібопекарських дріжджів постійно зростає, водночас загострюється й проблема утилізації стічних вод (рН 4,3-5,5, завислі речовини 380910

мг/дм<sup>3</sup>, стійкий темно-коричневий колір, висока концентрація органічних та мінеральних сполук), що не задовольняють вимог щодо норм скидання їх у систему каналізації. Значна частина стічних вод виробництва хлібопекарських дріжджів не піддається очищенню від органічних забруднень. На 1 т дріжджів припадає від 12 до 30 м<sup>3</sup> стічних вод. [16].

Стічні води спеціалізованих дріжджових заводів утворюються за рахунок культуральної рідини в результаті сепарації дріжджів, миття технологічного обладнання та скиду з дріжджеростильних апаратів. Частка господарсько-побутових стічних вод в загальній кількості забруднень, що скидаються дріжджовими заводами, невелика. Умовно-чисті води від охолодження суслу складають близько половини загального стоку. На більшості заводів умовно чисті води використовуються повторно [17].

Концентрація органічних забруднень в стічних водах, що характеризується величиною біологічною необхідністю в кисні, коливається на заводах від 2000 мг/л до 10 000 мг/л, а кількість забруднень, що вносяться стічними водами одним дріжджовим заводом, еквівалентно міським стічним водам, утворюється від населеного пункту з кількістю жителів близько 300 тис. чоловік.

Забруднені стічні води на 70 % утворюються за рахунок культуральної рідини після сепарації дріжджів, решта від інших технологічних операцій. Середні показники брудних вод, що утворюються при сепарації дріжджів, наведені в таблиці 2.2 [19].

Таблиця 2.2

Середні показники забруднених стічних вод від сепарації дріжджів

Показник	Сепарація			Загальний стік після сепарації
	I	II	III	
Р <sub>H</sub>	4,6-5,5	6,4-6,8	6,5-6,7	6,4-6,7
ХСК, г O <sub>2</sub> /л	4,0-9,0	1,0-3,5	1,8-2,5	1,8-2,3

БСК <sub>5</sub> , г о <sub>2</sub> /л	2,4	2,2	0,6-1,0	1,6
--	-----	-----	---------	-----

Як субстрат для штучної біологічної очистки найбільший інтерес являє собою загальний стік дріжджових стоків, оскільки окремо очищати забруднені води від різних технологічних процесів недоцільно. Загальний стік забруднених вод заводів (цехів) хлібопекарських дріжджів характеризується наступними показниками (табл. 2.3.) [19]:

Таблиця 2.3

Загальний стік забруднених вод заводів хлібопекарських дріжджів

Показник	Питома витрата стічних вод, м <sup>3</sup> на 1 т пресованих дріжджів
Р <sub>н</sub>	4,0-7,2
ХСК , г о <sub>2</sub> /л	67-2,3
БСК <sub>5</sub> , г о <sub>2</sub> /л	0,51-1,7
Азот загальний, мг/л	40-254
Фосфор загальний, мг/л	До 100
Зважені речовини, мг/л	227-765
Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> , мг/л	35-87
Зола, мг/л	64-90

Застосування уніфікованих методів аналізу стічних вод дріжджових заводів не завжди дає достовірні результати. Наприклад, при контролі стічних вод Ленінградського дріжджового заводу було отримано значення БПК<sub>5</sub>, що перевищують ГДК. Існує припущення, що продукти метаболізму дріжджів впливають на результати визначення БСК [20].

Стічні води дріжджового виробництва утворюються в процесі виробництва хлібопекарських дріжджів і характеризуються високою концентрацією забруднюючих речовин, що багаторазово перевищують їх концентрацію в господарсько-побутових водах, та різкі коливання їхнього складу в часі.

Специфічні особливості стічних вод дріжджового виробництва, такі як висока концентрація забруднень, коливання її в широкому діапазоні значень, виражена нерівномірність притоку стічних вод на очисні споруди, гострий дефіцит живильних речовин (зокрема азоту), кисла реакція стоків з рН нижче нормативної – 6,5, наявність дріжджової клітки, роблять непридатними ці води для біологічної очистки при використанні класичних схем і режимів очищення господарсько-побутових стічних вод [21].

Січні води по виробництву хлібопекарських дріжджів містять органічні й неорганічні забруднення. До їх складу входять: завислі речовини – 180-500 мг/л, мінеральні – 30-100 мг/л, леткі – 150-400 мг/л, азот загальний – 320-340 мг/л, амоній 3-11 мг/л, фосфор – 3 -11 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/л, натрій 160-300 мг/л, калій – 500-720 мг/л, кальцій 100-200 мг/л, БСК 5 – 3800-4200 мг/л, окислюваність 1600-2000 мгO<sub>2</sub>/л, рН таких вод 5,0-5,4, температура 26-28 °С, сухий залишок – 8000-9000 мг/л. Також вони потребують обов'язкового очищення перед спуском у водойми чи каналізація (якщо завод розташовано в міській зоні) [22].

Стічні води дріжджових заводів мають характеризується стійким темнокоричневим кольором, високою концентрацією органічних та мінеральних сполук.

Складна ситуація виникає при необхідності скиду у відкриті водойми стічних вод гідролізно-дріжджових заводів (табл. 2.4), який одночасно є висококонцентрованим як за вмістом аміачного азоту, так і за вмістом органічних речовин, що створює додаткові труднощі при їх очистці [23].

Таблиця 2.4

Характеристика стічних вод гідролізно-дріжджового заводу

Показник	Концентрації забруднень стічних вод, дм <sup>3</sup>
Завислі речовини	2355

ХПК	5187
БПК <sub>повн</sub>	-
БПК <sub>5</sub>	3553
Азот амонійний	1229
Фосфати	212
Рн	5,0

Стічні води дріжджового виробництва перед спуском слід обробляти з метою очищення від органічних речовин та зниження їхньої кислотності. Перед спуском в каналізацію складні сполуки стічні води, які з вуглецю, водню й азоту мають бути окислені до простих сполук. Задля чистоти стічних виробничих вод застосовували різні способи.

### **2.3. Поводження з твердими відходами**

Існує дві стадії біологічного очищення стічних вод – анаеробна та аеробна. Анаеробна стадія являє собою процес споживання органічного забруднення, що знаходиться в стічних водах, асоціаціями метаногенних бактерій у реакторах без доступу кисню. Таким чином відбувається перетворення органічних решток, мікро-, макронутрієнтів, які знаходяться в розчиненому стані в стічних водах дріжджових підприємств. Під час зброджування твердих решток, що знаходяться у стічних водах утворюється метан, який може використовуватися у енергетичних потребах підприємства як пальне у вигляді біогазу. Біогаз придатний для спалювання та використання на котлах та газогенераторах (на підприємстві реалізовані обидва варіанти його застосування) [24].

При первинному спалюванні отриманого біогазу (спалювання проводять в так званій свічці) спалюють відносно не багато – близько 50 м<sup>3</sup>/ год, але кінцева проектна потужність анаеробної стадії дорівнює близько до 500 м<sup>3</sup> газу.

В наслідку біологічної очистки стічних вод утворюється сировина для виготовлення органо-мінеральних добрив та альтернативний природному газу енергоносієй - біогаз (метан), який буде використовуватись для забезпечення підприємства тепловою енергією.

АгроБеллум NPK – це високоефективне, збалансоване, комплексне добриво для ґрунту, що має переваги над традиційними органічними і мінеральними добривами. Це продукт екологічно чистого виробництва ЗАТ «Ензим» – підприємства, де впроваджено систему управління безпекою харчових продуктів згідно з міжнародним стандартом ISO 22000 [25].

Основні напрямки використання добрива:

- сільське господарство;
- приготування компостів, біогумусу і ґрунтів;
- пришвидшення гуміфікації рослинних решток;
- виробництво екологічно чистої продукції;
- лісове господарство;
- промислове, декоративне і кімнатне квітникарство;
- рекультивація земель.

## **2.4. Висновки до розділу**

Концентрація органічних забруднень в стічних водах, що характеризується величиною біологічною необхідністю в кисні, коливається на заводах від 2000 мг/л до 10 000 мг/л, а кількість забруднень, що вносяться стічними водами одним дріжджовим заводом, еквівалентно міським стічним водам, утворюється від населеного пункту з кількістю жителів близько 300 тис. чоловік.

Специфічні особливості стічних вод дріжджового виробництва, такі як висока концентрація забруднень, коливання її в широкому діапазоні значень, виражена

нерівномірність притоку стічних вод на очисні споруди, гострий дефіцит живильних речовин (зокрема азоту), кисла реакція стоків з рН нижче нормативної – 6,5, наявність дріжджової клітки, роблять непридатними ці води для біологічної очистки при використанні класичних схем і режимів очищення господарсько-побутових стічних вод.

## **РОЗДІЛ 3 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **3.1. Відбір і зберігання проб**

Відповідно до ДСТУ ISO 5667 правильний відбір проби води є важливою частиною її аналізу, необхідною умовою надійності одержуваних результатів [20]. Зазначимо головні принципи, які необхідно дотримувати при відборі проби:

1. Проба води, узята для аналізу, повинна відображати умови і місце її надходження.
2. Відбір проби, зберігання, транспортування і робота з нею повинні проводитися так, щоб не відбулося змін в складі визначуваних компонентів або у властивостях води.



На результати аналізу великий вплив надає час зберігання проб. Необхідно пам'ятати, що чим більше вірогідність зміни компоненту, що піддається визначенню, і чим сильніше вода забруднена, тим раніше слід провести аналіз. Термін доставки проб для фізико-хімічних досліджень не повинен перевищувати 72 год для чистих вод, 48 год для вод, в яких підозрюється вміст забруднень, і 12 год для вод, явно забруднених [21].

Необхідно вживати всіх заходів для того, щоб скоротити час між відбором проби і її аналізом. Найбільш сприятливою умовою є розташування аналітичної лабораторії недалеко від місця відбору проб.

До початку аналізу проби зберігають в холодильнику і виймають їх тільки перед самим початком роботи. З метою отримання точних результатів аналізу потрібно строго дотримувати встановлений час зберігання.

Вибір місця для відбору. Необхідно відбирати проби води, що поступає у виробництво (з свердловини, ставка, річки), і в місцях утворення стоків.

Стічні води підприємств звичайно бувають трьох видів: промислові, які утворюються на різних стадіях виробництва (сюди ж відносяться і теплообмінні води), господарсько-побутові води, зливові стоки.

До промислових стічних вод заводів, що переробляють м'ясо, відносяться барда, вода після миття устаткування і апаратури, від продування казанів, регенерації і промивки фільтрів, розпушування механічного фільтру, конденсати і барометрична вода цеху упарювання барди, фільтрпресні води, теплообмінні води бродильного і брагоперегонного відділення.

На заводі хлібопекарських дріжджів до складу промислових стоків входять: післядріжджова бражка I, II і III ступені сепарації, а також води від вакуум-фільтрів, миття технологічного устаткування і трубопроводів.

Відповідно до мети аналізу застосовують разовий або серійний відбір проб.

При разовому відборі пробу беруть один раз у визначеному місці. Цей спосіб застосовується для вод з постійним якісним складом (наприклад, для глибинних ґрунтових вод).

З огляду на те, що якість води в більшості випадків змінюється як в різних місцях даного об'єкту, так і в різні періоди часу, застосовують серійний відбір проб. Проби відбирають, залежно від мети аналізу, через певні проміжки часу. Відбір таким чином дозволяє слідкувати за зміною якості води в часі чи в залежності від її витрати.

Для повного аналізу необхідно відібрати не менше 2 дм<sup>3</sup> проби. Воду відбирають в чисті скляні судини з притертою пробкою або поліетиленові фляги.

Температура води визначається негайно після узяття проби води або безпосередньо в місткості термометром з діленням 0,1 °С, який необхідно витримувати у воді не менше 5 хвилин [21].

Визначення забарвленості відбувається згідно ДСТУ ISO 7887 [22] кольоровість вод викликається головним чином присутністю гумінових речовин і сполук заліза. Колір стічних вод може бути різних відтінків. У багатьох випадках забарвлення води викликає, наприклад, присутність мікроорганізмів і зважених речовин. Колір стічних вод дріжджових заводів обумовлений наявністю меланоїдинів, карамелей; продуктів лужного розпаду інвертного цукру і гумінових речовин. Визначають кольоровість в профільтрованій або в необробленій пробі, що містить зважені речовини. Колір вод, що містять великі кількості зважених речовин, визначають після відстоювання. При визначенні кольоровості проби не консервуються.

При візуальному визначенні пробу води наливають в циліндр з рівним плоским дном. Висота стовпчика води повинна бути рівна 10 см. Розглядають пробу в циліндрі зверху на білому фоні паперу при розсіяному денному освітленні. Результат визначення описується словесно з вказівкою відтінку інтенсивності фарбування (слабке або сильне) [22].

Визначення показника рН виконують відповідно ДСТУ 4077 [23]. Для визначення концентрації водних іонів (рН) в стічній воді використовують метод електрометрії, заснований на зміні електрорушійної сили, що виникає унаслідок різниці потенціалів між нормальним елементом і випробовуваним розчином, величина якого залежить у кожному окремому випадку від концентрації водневих іонів.

Апаратура. Потенціометр (рН-метр): рН – 121 або інших типів.

Хід визначення. Пробу випробовуваної рідини (40 – 50 см<sup>3</sup>) вносять в хімічний стакан на 100 см<sup>3</sup>, перемішують скляною паличкою, занурюють електроди датчика приладу в розчин і за шкалою гальванометра фіксують значення рН. Похибка методу  $\pm 0,05$  од. рН.

### **3.2. Методи визначення фізико-хімічних показників стічних вод**

Визначення зважених речовин і прожареного залишку. Стічні води, містять звичайно окрім істиннорозчинених речовин, також колоїднорозчинні (зважені) частинки різної дисперсності. Суспендовані (зважені) частинки відокремлюють від розчинених домішок фільтруванням.

При аналізі стічних вод кількість зважених речовин можна визначати розрахунком, тобто з результатів визначення загального вмісту домішок відняти результати визначення розчинених речовин [21].

Хід визначення. Відміряють 100 см<sup>3</sup> ретельно перемішаної проби (для аналізу первинної або вторинної барди достатньо 20 см<sup>3</sup>) і фільтрують через висушений і задалегідь зважений на аналітичних вагах паперовий фільтр (біла або синя стрічка). Вживані паперові фільтри перевіряють: для цього кожен висушений і зважений фільтр повторно промивають приблизно 200 см<sup>3</sup>, дистильованої води і повторно висушують.

Осад на фільтрі промивають невеликою кількістю дистильованої води, висушують в сушильній шафі при 105°C протягом 2 год, зважують, доводять до постійної маси, потім фільтр з висушеним осадом переносять в заздалегідь зважений тигель.

Залишок після прожарювання одержують обережним спалюванням фільтру в тиглі і подальшим прожарюванням в муфельній печі при 600°C до постійної маси. Після охолодження в ексікаторі тигель із залишком зважують з точністю до 0,0001 гр.

Розрахунок: вміст зважених речовин, залишку після прожарювання у (мг/дм<sup>3</sup>) обчислюють за формулами

$$(m^2 \square m^1) * 1000 * 1000, \frac{\quad}{X \square v} \quad (3.1)$$

$$(m^3 \square m^4) * 1000 * 1000, \frac{\quad}{Y \square v} \quad (3.2)$$

де X – зважені речовини, мг/дм<sup>3</sup>;

Y – залишок після прожарювання, мг/дм<sup>3</sup>;

Z – втрати при прожарюванні, мг/дм<sup>3</sup>; m<sub>1</sub>

– маса тигля з висушеним фільтром, г;

m<sub>2</sub> – маса тигля з фільтром і висушеними речовинами, г;

m<sub>3</sub> – маса тигля з прожареним залишком, г;

m<sub>4</sub> – маса порожнього прожареного тигля, г;

V – об'єм проби, узятий для аналізу, см<sup>3</sup>.

Визначення окислюваності проводимо відповідно ДСТУ ISO 6060 [24].

Залежно від ступеня забруднення вода містить більше або менше речовин, що окислюються сильними окислювачами, наприклад, перманганатом, дихроматом

калію і ін. Кількість кисню, еквівалентна витраті окислювача, називається окислюваністю. Залежно від вживаного окислювача розрізняють окислюваність перманганатну і дихроматну. окислюваність виражають в міліграмах кисню, що пішов на окислення домішок, що містяться в 1000 см<sup>3</sup> води. Перманганатна окислюваність характеризує концентрацію органічних речовин у воді, що легко окислюються.

Для визначення окислюваності вод, забруднених домішками, що важко окисляються рекомендується дихроматний метод.

Дихромат окисляє при кип'ятінні в сірчаноокислому середовищі більшість органічних речовин, присутніх у воді, на 95 – 100%.

Визначення дихроматної окислюваності називають ще хімічним споживанням кисню – ХСК. Даний метод визначення окислюваності слід застосовувати при аналізі стічних і забруднених вод, окислюваність яких рівна або перевищує 100 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

При кип'ятінні в 50%-вій за об'ємом сірчаній кислоті дихромат окисляє більшість органічних речовин і деякі неорганічні речовини. Для більшої повноти окислення органічних речовин як каталізатор додають сульфат срібла. Після окислення надлишок дихромату визначають титруванням розчином солі Мора.

Забруднені води розбавляють перед визначенням так, щоб на окислення витрачалось не більше 50% дихромату, що додається.

Негативний вплив хлоридів при концентраціях менше 1 г/дм<sup>3</sup> усувають додаванням 0,4 г сульфату ртуті (II), при більшій концентрації хлор-іонів сульфату ртуті (II) додають в 22-кратній кількості. При цьому потрібно в пробу вносити 5 см<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> для кращого розчинення сульфату ртуті (II).

Апаратура. Колба круглодонна місткістю 250 см<sup>3</sup> з пришліфованим зворотним холодильником.

Реактиви: дихромат калію 0,25н р-н: розчиняють 12,258 г K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ч.д.а., висушеного протягом 2 год при 105°C, у дистильованій воді – 1 дм<sup>3</sup>; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ч.д.а.,

концентрована;  $\text{AgSO}_4$ , ч.д.а.; сіль Мора, приблизно 0,25н титруючого розчину: розчиняють 98 г  $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ч.д.а. у дистильованій воді до 1 дм<sup>3</sup>; N-фенілантранілова кислота, індикатор: розчиняють 0,25 г реактиву в 12 см<sup>3</sup> 0,1н розчину натрію гідроксиду ( $\text{NaOH}$ ) і розбавляють дистильованою водою до 250 см<sup>3</sup>.

Титр розчину солі Мора встановлюють для кожної серії визначень, що проводяться, таким чином: відбирають 25 см<sup>3</sup> 0,25н розчину  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , розбавляють дистильованою водою приблизно до 250 см<sup>3</sup>, додають 20 см<sup>3</sup>  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , перемішують і після охолодження титрують розчином солі Мора, додавши 8 – 10 крапель N-фенілантранілової кислоти до появи зеленого забарвлення. Титр солі Мора обчислюють за формулою:  $K^1$

$$K = \frac{K_1 \cdot v_1}{v} \quad (3.3)$$

де  $v_1$  – об'єм дихромату калію відомої нормальності, см<sup>3</sup>;

$K_1$  – коефіцієнт поправки до розчину дихромату калію відомої нормальності;  $v$  – об'єм розчину солі Мору, узятий на титрування, см<sup>3</sup>;

Хід визначення. Для аналізу використовується відфільтрована або проба, що відстоялася протягом 2 год.

Відбирають 20 см<sup>3</sup> проби (або менший її об'єм, доведений до 20 см<sup>3</sup> дистильованою водою) і поміщають в круглодонну колбу для кип'ятіння. Додають 10 см<sup>3</sup> 0,25н розчину дихромату калію; 0,4 г сульфату срібла, скляні кульки. Суміш перемішують і обережно підливають до неї 30 см<sup>3</sup> сірчаної кислоти (густина 1,84 г/см<sup>3</sup>), після чого вставляють в колбу пришліфований зворотний холодильник і кип'ятять 2 год. Потім охолоджують, змивають холодильник 25 см<sup>3</sup> дистильованої води і від'єднують холодильник. Вміст колби переносять в колбу для титрування, доводять дистильованою водою до 75 см<sup>3</sup>, охолоджують, додають 8 – 10 крапель розчину N-фенілантранілової кислоти (з'являється темно-червоне забарвлення) і

титрують надлишок дихромату титруючим розчином солі Мора до зміни забарвлення індикатора (зелене забарвлення) [25].

Паралельно проводять холостий дослід з 20 см<sup>3</sup> дистильованої води.

Розрахунок: дихроматну окислюваність (X) в мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> обчислюють за формулою:

$$X = \frac{(a-b) \cdot 8 \cdot T \cdot 1000 \cdot P}{V} \quad (3.4)$$

де a – об'єм розчину солі Мора, що пішла на холостий дослід, см<sup>3</sup>; b

– об'єм розчину солі Мора, що пішла на титрування проби, см<sup>3</sup>;

T – титр солі Мора;

V – об'єм проби, узятої для визначення, см<sup>3</sup>;

8 – еквівалент кисню;

P – розбавлення досліджуваної води.

Визначення нітриту з сульфанілою кислотою і α-нафтіламіном виконуємо відповідно КНД 211.1.4.023 [25]. Визначення базується на діазотуванні сульфанілової кислоти присутнім в пробі нітритом і реакції одержаної солі з альфанафтіламіном з утворенням червоно-фіолетового азо-фарбника. Інтенсивність забарвлення пропорційна концентрації нітриту. Протікання реакції в значній мірі залежать від рН середовища. Визначенню заважають зважені речовини і каламутність води, тому пробу необхідно профільтрувати.

Визначенню заважає забарвлення і каламутність води, які враховуються відніманням екстинції холостої проби, до якої додають розчин сульфанілової кислоти.

Апаратура. Колориметр фотоелектричний лабораторний.

Реактиви: кислота сульфанілова (Гріс I); α-нафтіламін (Гріс II); реактив Гріса: р-ни сульфанілової кислоти (Гріс I) і α-нафтіламіна (Гріс II); оцтова кислота, 12%вий розчин; натрію нітрит – стандартний розчин, що містить 0,1 мг нітрит-іона NO<sub>2</sub>;

робочий р-н  $\text{NaNO}_3$  № 1, що містить 0,01 мг нітрит-іона в 1  $\text{cm}^3$ ; робочий розчин  $\text{NaNO}_3$  № 2, що містить 0,0005 мг нітрит-іона в 1  $\text{cm}^3$ :

Побудова калібрувальної кривої. У мірні колби ємністю 50  $\text{cm}^3$  з притертими пробками відміряють піпеткою 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,0 і 2,5  $\text{cm}^3$  робочого розчину II і об'єми доводять дистильованою водою до мітки. Серія стандартних розчинів відповідає концентраціям нітрит-іона 0,002; 0,005; 0,010; 0,015; 0,020; 0,025  $\text{mg/dm}^3$ . У кожну колбу з 50  $\text{cm}^3$  стандартного розчину додають по 2  $\text{cm}^3$  реактиву Гріса, перемішують і витримують їх протягом 20 хв на водяній бані при 60 °С. Забарвлені розчини швидко охолоджують до 20 °С і колориметрують при довжині світлової хвилі 520 нм (зелений світлофільтр) в кюветах з відстанню між робочими гранями 50 мм. Для побудови калібрувальної кривої контрольним розчином служить дистильована вода з реактивом Гріса [26].

За результатом колориметрування будують графік в координатах: оптична густина – вісь ординат, концентрація нітрат-іона (у  $\text{mg/dm}^3$ ) – вісь абсцис. Калібрувальну криву необхідно будувати для кожного фотоелектрокалориметра і перевіряти не менше 2 рази на рік.

Хід визначення. Для визначення беруть 1 – 5  $\text{cm}^3$  профільтрованої проби і доводять до 50  $\text{cm}^3$  дистильованою водою і додають 1  $\text{cm}^3$  реактиву Гріса. Далі визначення проводять, як при побудові калібрувальної кривої. Як контрольний розчин використовують суміш 50  $\text{cm}^3$  тієї ж розбавленої проби з 2  $\text{cm}^3$  дистильованої води. По знайденому значенню оптичної густини на калібрувальній кривій визначають концентрацію нітрит-іона в аналізованій пробі (у  $\text{mg/dm}^3$ ) [26].

Розрахунок: вміст нітрит-іонів визначають за формулою:

$$c \cdot 50 = \frac{N \cdot 100}{v} \quad (3.5)$$



де:  $N$  - вміст азоту нітриту в стічній воді, мг/дм ;  $c$  - кількість нітриту, знайдена по калібрувальній кривій, мг/дм<sup>3</sup>;  $V$  - об'єм проби, узятий для визначення, см<sup>3</sup>.

Метод визначення хлоридів полягає в осадженні хлорид-іонів у вигляді хлориду срібла ( $AgCl$ ) нітратом срібла ( $AgNO_3$ ) і подальшому титруванні надлишку нітрату срібла в промислових водах розчином роданіду амонію ( $NH_4CNS$ ).

Реактиви. Нітрат срібла, 0,1 н або 0,01 н розчин; амонію роданід, 0,1 н або 0,01 н розчин; кислота азотна, 6н розчину; кислота азотна, розбавлена 1:9; амонію заліза (III) сульфат.

Установка титру нітрату срібла і роданіду амонію.

Знаходять відношення концентрацій розчинів нітрату срібла і роданіду амонію. Для цього наливають у конічну колбу 40 см<sup>3</sup> розчину нітрату срібла (0,1 н або 0,01 н), підливають 5 см<sup>3</sup> або азотної кислоти і 1 см<sup>3</sup> розчину залізо-амонійних квасців. одержаний розчин титрують відповідно 0,1 н або 0,01 н розчином роданіду амонію до появи слабо-рожевого забарвлення, що не зникає при перемішуванні. Розділивши 40 на число мл витраченого на це титрування розчину роданіду, одержують величину вказаного відношення. Потім відмірюють з бюретки в конічну колбу 20 см<sup>3</sup> розчину хлориду натрію (0,1 або 0,01 н) додають 5 см<sup>3</sup> кислоти, вливають з бюретки точно відміряну кількість розчину нітрату срібла відповідної концентрації (0,1 н або 0,01 н), наприклад 40см<sup>3</sup>; фільтрують осад, що випав і ретельно його промивають розбавленою азотною кислотою. До фільтрату, з приєднаними до нього промивними водами, підливають 1-2 см<sup>3</sup> розчину залізоамонійних квасців і титрують 0,1 н або відповідно 0,01 н розчином роданіду до появи незникаючого при збовтуванні рожевого забарвлення [23].

Розрахунок:

$$a, \frac{\quad}{\quad} \quad (3.6)$$

$$K \square$$

$$b*c*d$$

де  $K_1$  — поправка для приведення концентрації розчину нітрату срібла з точністю до 0,1 н (або відповідно 0,01 н);  $a$  — об'єм узятого розчину NaCl, см<sup>3</sup>;  $b$  — об'єм доданого розчину нітрату срібла, см<sup>3</sup>;  $c$  — об'єм витраченого на титрування розчину роданіду, см<sup>3</sup>;  $d$  — співвідношення між розчинами AgNO<sub>3</sub> і NH<sub>4</sub>CNS;

$$K_2 = K_1, \quad (3.7)$$

де  $K_2$  — поправка для приведення концентрації розчину роданіду з точністю до 0,1 н (або відповідно 0,01 н).

Хід визначення. Визначення проводиться в кислому середовищі (рН = 1). Відбирають 10 см<sup>3</sup> досліджуваного розчину, додають 50 см<sup>3</sup> дистильованої води і підкисляють на рН-метрі до рН = 1 розчином HNO<sub>3</sub>, фіксуючи кількість кислоти, що пішла на підкислення. В паралельній пробі проводиться підкислення з точною відміряною кількістю 6 н розчину HNO<sub>3</sub>, загальний об'єм потім доводять до 100 см<sup>3</sup>. З 100 см<sup>3</sup> відбирають 20 см<sup>3</sup> проби, додають точно відміряний об'єм розчину AgNO<sub>3</sub> в такій кількості, щоб його не тільки вистачало на повне осадження хлор-іонів, але залишався надлишок.

Осад хлориду срібла, що виділився, фільтрують через щільний фільтр (синя стрічка), збираючи фільтрат в конічну колбу на 250 см<sup>3</sup>. осад на фільтрі промивають розбавленою HNO<sub>3</sub> (1:9), приєднуючи промивні води до фільтрату.

Кінець промивання визначають якісною реакцією з NaCl. У пробірку збирають декілька крапель промивних вод і розчину NaCl і, якщо не виникає опалесцентне забарвлення, то осад на фільтрі повністю промитий.

Після цього до фільтрату додають індикатор 1 - 2 см<sup>3</sup> залізоамонійних квасців, і титрують надлишок нітрату срібла розчином роданіду амонію до появи незникаючого рожевого забарвлення.

Розрахунок:

$$X = \frac{(aK_1 - bK_2) * 3,546 * 1000}{V} \quad (3.8)$$

де  $a$  - об'єм доданого розчину  $\text{AgNO}_3$ , см<sup>3</sup>;

$K_1$  - поправочний коефіцієнт для приведення концентрації розчину  $\text{AgNO}_3$  до 0,1 н або 0,01 н  $b$  - об'єм розчину роданіду амонію, що пішов на титрування, см<sup>3</sup>;

$K_2$  - поправочний коефіцієнт для приведення концентрації розчину  $\text{NH}_4\text{CNS}$  до 0,1 н або 0,01 н;

$V$  - об'єм аналізованої стічної води, см<sup>3</sup>;

3,546 - кількість хлору, що еквівалентна 1 см<sup>3</sup> 0,1 н або 0,01 н розчинів  $\text{NH}_4\text{CNS}$ , мг.

Метод визначення сульфат-іонів полягає в повному осадженні сульфатів у вигляді  $\text{BaSO}_4$  розчином хлориду барію, подальшому відфільтруванні, висушуванні і прожарюванні цього осаду.

Апаратура. піч муфельна; баня водяна; тиглі фарфорові.

Реактиви: Кислота соляна, барію хлорид 5 і 10%-ві розчини; нітрат срібла, 1,7%-вий розчин; кислота азотна ( $d = 1,337$  г/см<sup>3</sup>).

Хід визначення. Для видалення зважених і колоїдних речовин аналізовану воду спочатку фільтрують. Потім проводять якісну реакцію для визначення кількості сульфатів в пробі. Для цього беруть 100 см<sup>3</sup> аналізованої рідини, підкисляють декількома краплями соляної кислоти і додають 0,5 см<sup>3</sup> 10%-вого розчину  $\text{BaCl}_2$ . При малому змісті сульфатів спостерігається опалесценція, при вищому – випадає осад.

Залежно від змісту сульфатів беруть від 25 до 200 см<sup>3</sup> проби, підкисляють соляною кислотою по метил оранжевому і випаровують суміш на водяній бані. об'єм рідини після випаровування повинен бути не менше 50 см<sup>3</sup>. Якщо для аналізу узята невелика кількість рідини, то її об'єм розбавляють дистильованою водою до 50 см<sup>3</sup>. Якщо при упарюванні утворився осад, то його фільтрують і промивають гарячою дистильованою водою, підкисленою HCl. Фільтрат і промивні води збирають в стакан, знову упарюють до 50 см<sup>3</sup>, нагрівають до кипіння (для повного видалення SO<sub>2</sub>) і підливають по краплях 20 см<sup>3</sup> гарячого 5%-ного розчину для повного осадження сульфатів. Стакан залишають у водяній бані протягом 2 год, потім на 8 год – при кімнатній температурі. Після цього осад фільтрують через щільний фільтр (синя стрічка), промивають гарячою водою до зникнення в промивній воді хлоридів. Кінець промивання визначають іншою реакцією нітратом срібла, що підкисляється азотною кислотою. Для цього в пробірку збирають декілька крапель промивних вод, туди ж додають декілька крапель розчину AgNO<sub>3</sub>, підкисленого HNO<sub>3</sub>. Якщо не виникає опалесцентне забарвлення, то осад на фільтрі промитий [26].

Фільтр з осадом переносять в заздалегідь прожарений зважений на аналітичних вагах тигель і обережно спалюють. осад прожарюють протягом 30 хвилин при 600 – 700 °C і доводять вагу тигля з осадом до постійної маси. За різницею до і після прожарювання знаходять масу BaSO<sub>4</sub>.

Розрахунок:

$$a \cdot 0,4115 \cdot 1000 \frac{m_{\square}}{v} \quad (3.9)$$

де а – маса прожареного осаду BaSO<sub>4</sub>, мг; v – об'єм стічної води, узятий для аналізу, см<sup>3</sup>;

0,4115 - коефіцієнт перерахунку BaSO<sub>4</sub> на SO<sub>4</sub>.

### 3.3. Висновки до розділу

До промислових стічних вод заводів, що переробляють м'ясо, відносяться барда, вода після миття устаткування і апаратури, від продування казанів, регенерації і промивки фільтрів, розпушування механічного фільтру, конденсати і барометрична вода цеху упарювання барди, фільтрпресні води, теплообмінні води бродильного і брагоперегонного відділення.

На заводі хлібопекарських дріжджів до складу промислових стоків входять: післядріжджова бражка I, II і III ступені сепарації, а також води від вакуум-фільтрів, миття технологічного устаткування і трубопроводів.

## РОЗДІЛ 4 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ДРІЖДЖОВИХ ЗАВОДІВ

### 4.1. Методи очищення стічних вод дріжджових заводів

Методи очищення стічних вод поділяються на шість основних напрямків : механічні, хімічні, фізичні, фізико-хімічні, фізико-механічні, біологічні. Особливості та послідовність застосування кожного із методів, залежить від різних факторів таких як якісний і кількісний склад, ступінь забруднення стічних вод дріжджових заводів [26].

Механічне очищення базується на відстоюванні в спеціальних резервуарах, відокремлення освітленої фази стоків від нерозчинних домішок з подальшою можливою їх реорганізацією та утилізацією, фільтрування яке забезпечується піщаними фільтрами або спеціальними фільтрами. Отриману після фільтрування воду змішують з первинно більш забрудненою забрудненою водою для її усереднення, тобто доведення вмісту домішок до певних конкретних стандартів, які регламентують та дозволяють скидання стічних вод у водойми або каналізацію [27].

Фізичні методи базуються на випаровуванні з метою отримання розчинних у воді речовин в кристалічному стані з їх подальшим використанням; обробка магнітним полем, яке зменшує утворення нерозчинних осадів, сприяє їх розрихленню. Фізико-механічні методи базуються на застосуванні механічних пристроїв, що діють на законах фізики: флоатація, гіперфільтрація або зворотний осмос, ультрафільтрація, електродіаліз [27].

Флоатація (англ. - плавучість) – метод, заснований на різній здатності прилипання частинок до поверхні розподілу двох фаз – вода та повітря і вода та тверда речовина (наприклад нерозчинні частинки). Через воду пропускають повітря у

вигляді бульбашок, до поверхні яких прилипають тверді частинки, нафтопродукти і спливають на поверхню, де їх збирають спеціальними пристроями [27].

Ультрафільтрація – заснована на продавлюванні розчину з допомогою порівняно невеликого тиску через мембрани з порами, через які можуть рухатися молекули з невеликими розмірами – вода, іони солей і не можуть проникнути молекули великих розмірів – полімерів, колоїдів, отже вони відокремлюються. Мембрани виготовляють різної форми (листи, циліндри) з ефірів целюлози, поліамадів [27].

Гіперфільтрація – метод, в якому використовують також напівпроникні фільтри, але з дуже дрібними (молекулярних розмірів) порами, через які під дією великого тиску (від одного до десяти мільйонів Паскалей) продавлюються молекули води, а молекули солей лишаються з іншої сторони, де їх концентрація зростає [27].

Електродіаліз (гр. діаліз - розклад, відокремлення) – метод, в якому з допомогою спеціальних мембран, підключених в якості електродів до електричного постійного струму, відбувається переміщення солей. Вони накопичуються з одного боку мембрани, а демінералізована вода з іншого. Мембрани виготовляють з іонообмінних полімерів – аніонітів, катіонітів, здатних вибірково поглинати іони металів (катіони) і аніони (кислотні залишки). Електричний струм інтенсифікує процес переміщення через мембрани [27].

Хімічні методи засновані, на відміну вище розглянутих, на зміні хімічного складу речовин, зокрема на перетворенні водорозчинних сполук у газоподібні, нерозчинні, наприклад осади, які потім відокремлюють і утилізують або захоронюють. Ці методи вимагають великої кількості хімічних реактивів, а отже є затратними, економічно недоцільними [27].

Найефективнішими сучасними методами являються: екстракція, коагуляція, сорбція, флокуляція, іонний обмін, хемосорбція, абсорбція, адсорбція.

Коагуляція (лат. - згущення, згортання) – процес злипання дрібних частинок забруднювачів у більш крупні під дією коагулянтів – речовин, які зумовлюють процес, – солі алюмінію, заліза, кальцію, магнію, цинку, вуглекислого газу [28, 29].

Сорбція (лат. - поглинати) – метод, заснований на здатності деяких речовин (деревне вугілля, активоване вугілля, кокс, торф, глина) поглинати інші речовини – газоподібні, рідинні за рахунок власних пор. Від кількості та розмірів пор залежить ефективність процесу. Абсорбція – поглинання шкідливої речовини всією масою речовини абсорбенту без хімічної зміни поглинутої речовини. Адсорбція – поглинання шкідливої речовини тільки поверхнею адсорбенту за рахунок молекулярних сил поверхонь речовин, які взаємодіють без хімічного перетворення обох речовин. Хемосорбція – процес поглинання забруднювача із його хімічною зміною. Всі типи сорбції проводять у спеціальних пристроях колонного типу, заповнених поглиначем [27].

Іонний обмін базується на здатності іонообмінних смол-полімерів поглинати катіони або аніони з розчину. Широко застосовується на теплових електростанціях, котельнях для зменшення жорсткості води (мг-екв/л), яка зумовлена концентрацією іонів металів – кальцію, магнію, заліза, цинку та інших важких металів. Використовують у гальванічних виробництвах для поглинання іонів заліза, цинку, кадмію, срібла, золота та інших важких металів із стічних вод [27].

Альтернативою для реагентних способів очистки стічних вод дріжджової галузі можуть бути різні електрохімічні методи: обробка води змінним електричним струмом, дія надзвичайно високих частот (НВЧ), високих частот (ВЧ) та низьких частот (НЧ), ультрафіолетове опромінення, ультразвук та магнітна обробка.

Очищення стічних вод фізико-хімічними методами відбувається внаслідок перебігу реакцій під дією електричного струму. В електрохімічних процесах багато токсичних речовин змінюються, й утворюються інші, менш токсичні речовини. Іноді сполуки, які утворюються, мають малу розчинність у воді і випадають в осад.



На даний момент безпосередній вплив НВЧ-поля на мікробну клітину не доведений. Але дослідження на основі інтегрального ефекту дії НВЧ-поля на харчові об'єкти показують, що є можливість пастеризації і стерилізації стічної води. Бактерицидний ефект у деяких випадках пояснюється взаємодією електромагнітного поля з важливими клітини. Наслідком цього є повна загибель або часткове пригнічення її життєдіяльності [28].

Результатом випромінення є часткова інактивація мікробних організмів і зміна їх деяких морфологічних властивостей. В одночас це супроводжується незначним підвищенням температури, що зумовлене зміною проникнювач клітинних стінок клітин.

Експериментальне доведення цього факту важке у своєму виконанні що зумовлено складністю відокремлення одночасної теплової дії електромагнітного поля, що навіть за менших потужностей вагоміше в результаті локального виділення енергії, що є результатом дискретних властивостей самої клітини, її клітинної стінки та зовнішнього середовища [28].

Існує декілька гіпотез про вплив НВЧ-поля на мікроорганізми. Виділення енергії при опроміненні клітин електромагнітним полем проходить як в клітинні стінці, так і в цитоплазмі в наслідок розповсюдження НВЧ-енергії по всьому об'єму клітини і визначається величиною падаючого потоку напруги і електричними характеристиками середовища. Також є гіпотеза що до існування нетеплового ефекту електромагнітного НВЧ-поля. Її суть у тому, що під впливом таких полів всі поляризовані білкові ланцюги макромолекул орієнтуються в напрямку електричних силових полів, що небезпечно приводенням до розриву водневих та інших макромолекулярних зв'язків [28].

Дослідженнями було встановлено, що мікроорганізми в слабких електролітах гинуть при невеликій енергії при частоті електромагнітного поля порядку 10-30 МГц, а особливо при 60 МГц. Було висунуто припущення, що летальний вплив НВЧ-енергії

на мікроорганізми слід віднести до теплового фактору. Виявлено, що обробка при низьких температурах не призводить до інактивації мікроорганізмів. Тривалість обробки залежить безпосередньо від потужності НВЧ-поля. На практиці швидкість НВЧ нагрівання характеризується або теплотою нагрівання, або тривалістю обробки одиниці маси продукту. Величини поглинання НВЧ-енергії в більшості залежить від частоти електромагнітного поля і діелектричних витрат обробленого продукту. Це пов'язано з тим, що величина тепла при обробці збільшується пропорційно до росту частоти і залежить від температури продукту та частоти генератора. Аналізуючи сказане, варто зазначити перспективу використання надзвичайно високих частот, але економічна вартість та складність апаратурної конструкції, поява температурної гетерогенності у продуктах, необхідність у створенні рівномірності поля, а також високі вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу зумовлюють обмеження використання способу електромагнітної надвисокочастотної обробки [28].

Використовуючи струми високої частоти (ВЧ) середовище нагрівається і немає контакту з джерелом електроенергії. основна частина електромагнітної енергії перетворюється на теплову в самому пастеризованому середовищі. При цьому має місце утворення діелектричне нагрівання ВЧ спостерігається при частотах 0,5-100 МГц [29].

Досить розповсюдженим стало застосування у практиці ультрафіолетового опромінення. Особливість дії ультрафіолетових променів на сьогодні недостатньо вивчена, але є простою і відносно економічно доцільною формою біологічно активного опромінення. Найефективнішими вистивостями володіють ультрафіолетові промені з довжиною хвилі 260 нм. Широке різноманіття мікроорганізмів володіють різноманітною чутливістю до впливу ультрафіолетового опромінення, стійкість мікроорганізмів залежить від їх біологічної природи та фазою розвитку.

Відомо, що при ультрафіолетовому опроміненні відбувається димеризація піримединів, яка супроводжується розривом водневих зв'язків та локальною денатурацією молекули ДНК, яка призводить до зміни її конфігурації [29].

Для обробки стічних вод важливими параметрами є потужність і доза опромінення. В залежності від дози опромінення спостерігаються три основних періоди змінення, що може призводити до загибелі клітини. При дуже малому опроміненні в клітині утворюються вакуолі, які поступово збільшуються [29].

Друга фаза характеризується появою у плазмі клітин надзвичайно маленьких ліпідних кульок в результаті розщеплення ліпопротеїнового комплексу плазми.

Третій фазі передуює тривале опромінення, внаслідок чого відбуваються незворотні зміни в клітині. Спостерігається руйнування клітинної оболонки, залишається плазматичний вміст, який з'єднується між собою у грубозернисту масу, яка поступово руйнується. Ультрафіолетове опромінення володіє властивістю прискорення темпу життєздатності мікроорганізмів що призводить до швидкого старіння клітин [29].

Необхідно відмітити, що ефективність ультрафіолетового опромінення залежить від початкової концентрації мікроорганізмів в стічних водах. Для більш надійної обробки стічних вод необхідно застосувати бактерицидні установки, які обладнанні джерелом ультрафіолетового опромінення з великим бактерицидним потоком, а це ускладнює їх впровадження на виробництві [30].

Використання ультразвукових хвиль пояснюється їх властивістю спричиняти миттєвий розрив клітин. Це відбувається у випадку достатньої інтенсивності акустичних коливань, що є причиною для утворення кавітаційних бульбашок у середовищі. За даними багатьох дослідників в полі ультразвукових хвиль піддаються дезінтеграції грампозитивні, грамнегативні, аеробні та анаеробні бактерії і дріжджі. Вибірковість дії ультразвукових хвиль на бактерії в основному зумовлена морфологічними особливостями та їх функціональним станом.

Ефективність дії ультразвукових хвиль на мікроорганізми залежить від концентрації клітин в одиниці об'єму стічних вод, а також від рівня частоти ультразвуку. Порівнюючи результати впливу ультразвуку на дріжджі при частоті 0,6; 1 та 2 МГц можна відмітити, що максимальна загибель мікроорганізмів спостерігається при високій частоті. Висока концентрація мікроорганізмів в середовищі негативно впливає на ефективність ультразвукового впливу. Так, при концентрації клітин 48 тис. в 1 мм<sup>3</sup> їх загибель настає після 75 секунд обробки [30].

Деякі мікроорганізми виявились дуже чутливими до ультразвукових коливань. Вже при 30 секундах обробки ультразвуком спостерігалось «вспінювання» протоплазми або желатинізація. При збільшені часу дії ультразвуку до п'яти хвилин встановлено наявність грубих механічних розривів клітин, а саме відрив кінця клітини, розрив на дві частини в місцях перегородок, утворення воронкоподібних дефектів в місцях клітинної стінки [30].

Дріжджові клітини дуже чутливі до дії ультразвукових коливань, в результаті яких спостерігається сильне ушкодження протоплазми, яке супроводжується звільненням великої кількості краплин жиру. Після 1-1,5 годин ультразвукової обробки кількість кисню, що споживається клітинами дріжджів знижується в середньому на 10-12%.

Бактерицидний ефект може бути низьким, коли знижується кавітація. Це досягається завдяки зміні в'язкості середовища або методом накладення великого зовнішнього тиску (4-5 атм.). Це пояснюється тим, що кавітація у рідині виникає там, де знаходяться мікробульбашки газу. Бактерицидна дія ультразвукових коливань не залежить від газу, яким насичувалась водна суспензія мікроорганізмів. Велике значення має відстань біологічного організму від бульбашки. Чим ближче до мікроорганізму розташовані кавітаційні порожнини тим більша інтенсивність ударної хвилі, яка виникає в результаті утворення газової бульбашки. Летальний ефект зменшується обернено пропорційно квадрату відстані біологічного об'єкту до місця

захоплення газової бульбашки. Ударна хвиля в цих випадках виявляє свою дію на відстані декілька мікрон [30].

Важкий шлях виявлення тонких біохімічних функціональних змін, які виникають в живій клітині під дією ультразвуку. В клітині виникають фізико-хімічні зміни, які призводять до «розрихлення» внутріклітинних комплексів. В клітинах вивільняється ряд біологічно активних речовин.

Суть ультразвукового очищення полягає в тому, що при поширенні ультразвуку у воді, довкола об'єктів, що знаходяться в ній і мають іншу щільність, виникають мікроскопічні зони дуже високого тиску (десятки тисяч атмосфер), що змінюються високим розрідженням. Це явище називають ультразвуковою кавітацією. Жоден мікроорганізм не здатний витримати такі дії і відбувається механічне руйнування бактерій [32].

Під дією ультразвуку відбувається виділення (флокуляція, осадження агломерація або коагуляція) розчинених, суспендованих або емульгованих у водному середовищі інгредієнтів або мікроорганізмів з подальшим їх відділенням.

Методом ультразвуку знезаражують різні середовища, причому важливу роль в пригнобленні клітин бактерій відіграє перекисне окислення ліпідів мембран бактерій. При цьому в їх клітинах різко зростає концентрація оН-радикалів, утворюється потужна окислювальна система, яка вражає бактерії і вони гинуть [46].

Недоліками цього методу є обмеження об'єму оброблюваного водного середовища через неоднорідність розподілу інтенсивності ультразвукових коливань в об'ємі пристрою, а для підвищення ефективності обробки потрібне збільшення часу експозиції.

Для видалення з стічної води важкоосаджуваних тонких суспензій також застосовують магнітну обробку, а саме її здатність прискорювати коагуляцію (злипання і осадження) часток з подальшим утворенням пластівців. Магнітне очищення застосовується на водопровідних станціях при значній каламутності

стічних вод; аналогічна обробка промислових стоків дозволяє швидко видаляти мілкодисперсні забруднення [33].

У воді після магнітної обробки збільшується концентрація розчиненого кисню, що збільшує бактерицидну дію магнітної обробки стічної води.

Магнітна обробка води також впливає на електрокінетичний потенціал і агрегативну стійкість зважених часток, завдяки чому прискорює їх осадження, тобто сприяє витяганню з води різного роду суспензій. Пряма дія магнітного поля на іони домішок сприяє активації процесів адсорбції і відкриває широкі перспективи для водоочистки в цілому. На рис. 4.1 представлена схема очищення води з двома прояснювачами з магнітним пристроєм [47].

Вихідна вода з ємності 1 потрапляє в перший прояснювач 2 через повітровіддільник 3 і розподільну ґратку 4, де вона зустрічає завислий шар відпрацьованого осаду 5. Частково знебарвлена і прояснена вода змішується з розчином коагулянту, який дозується з ємності 6 і через магнітний пристрій 7 потрапляє в другий прояснювач 8. В другому прояснювачі вона проходить через завислий шар свіжого осаду 9, після чого подається на фільтри. Таким чином, осад адсорбенту зустрічається з водою, що містить речовини, які адсорбуються, з концентрацією вище рівноважної. Відпрацьований осад з прояснювача 8 через шламовіддільник 10 потрапляє в ємність 11, а потім – в прояснювач 2. Як і в попередньому випадку, таку модифікацію можна провести на основі наявної очисної системи.

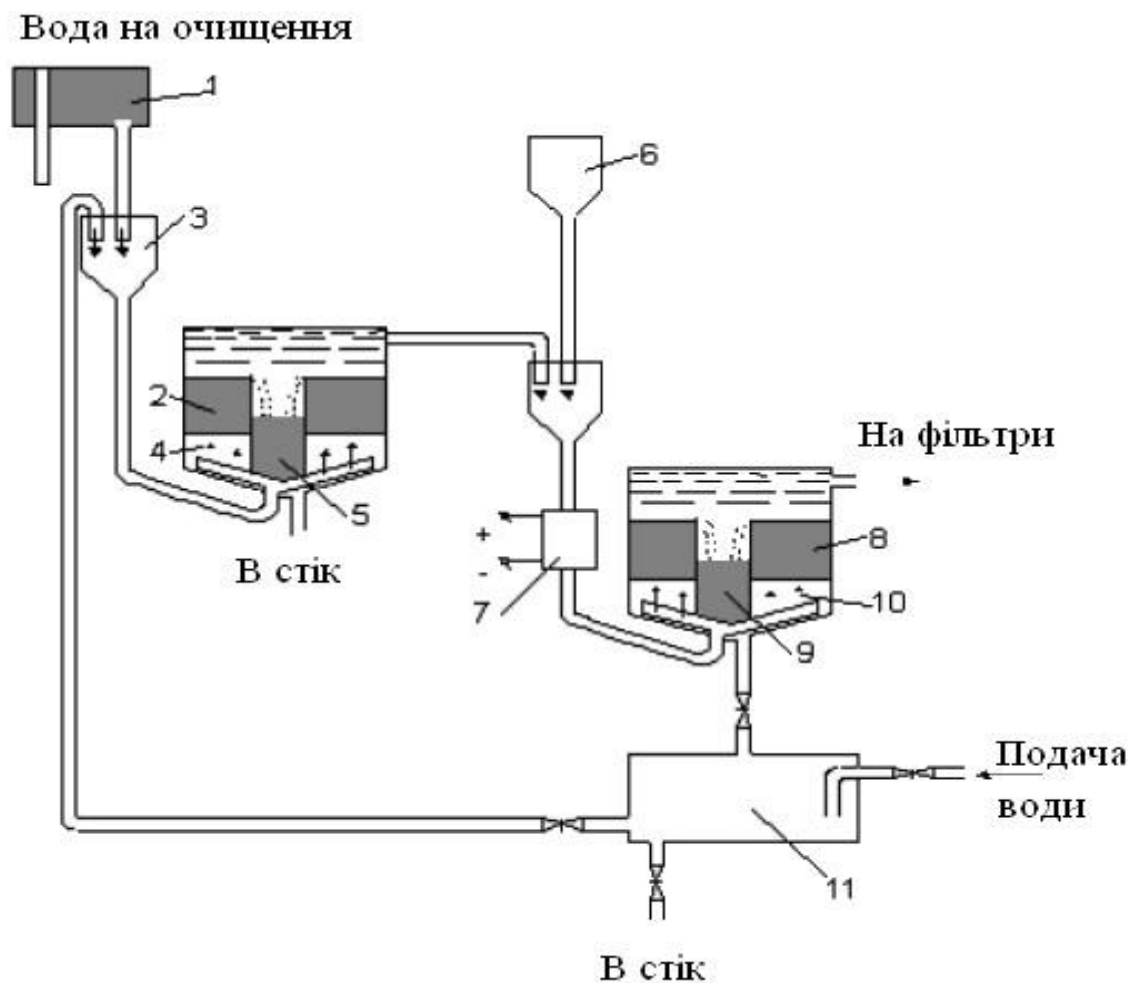


Рис. 4.1. Схема очищення води з двома прояснювачами з магнітним пристроєм: 1, 6, 11 – ємність; 2 – перший прояснювач; 3 – повітровіддільник; 4 - розподільна ґратка; 5 – шар відпрацьованого осаду; 7 – магнітний пристрій; 8 – другий прояснювач; 9 – шар свіжого осаду; 10 – шламівідвідник

У методах біологічної очистки стічних вод використовують спеціальні штами, рас мікроорганізмів, які володіють здатністю строго специфічного поглинання певних речовин – неорганічні, наприклад важкі метали, органічні – нафтопродукти. Процес відбувається в добре аерованих умовах – аеробні мікроорганізми, або без аерації – анаероби в спеціальних реакторах – аеротенках, біотенках, на спеціальних територіях – полях фільтрації [30].

## 4.2. Сучасні тенденції очистки стічних вод дріжджового виробництва

Особливостями очистки стічних вод дріжджового виробництва є необхідність виконання ряду найважливіших вимог: усереднення промислових стоків за складом і витратою; попередня анаеробна очистка в біореакторі; застосування двоступінчастої схеми біологічної очистки в аеротенках з локальними системами біоценозу й незалежних контурів рециркуляції активного мулу; розбавлення концентрованих стоків комунальними водами на кожному ступені очистки у спів відношенні 1:2 перед першим ступенем та від 3:1 до 5:1 перед другим ступенем.

В аеротенках першого ступеня повинна здійснюватись так звана часткова неповна біологічна очистка суміші стічних вод у режимах підвищених (600-900 мг БСК<sub>5</sub> /г активного мулу на добу) або високих навантажень (1000-2000 мг БСК<sub>5</sub> /г активного мулу на добу) [31].

Аеротенки другого ступеня повинні забезпечувати режими повної біологічної очистки стічних вод з розвиненою нітрифікацією, що наближаються до режимів повного окиснювання азотомістких сполук. Анаеробну обробку доцільно здійснювати в біореакторі спеціальної конструкції з використанням біомаси гранульованого мулу [31].

Анаеробна очистка стічних вод в реакторах зарекомендувала себе як найбільш перспективний метод очистки концентрованих стічних вод із забрудненням по БСК<sub>пов</sub> більше 1000 мг/л. Процес полягає у біохімічному перетворенні в безкисневих умовах органічних речовин забруднених стічних вод у біогаз (суміш 70 % метану і 30 % вуглекислого газу). Продуктивність сучасних конструкцій біореакторів досягає 15-30 кг ХСК/м<sup>3</sup>доб., що в 10-15 раз вище продуктивності аеротенків. Це забезпечується підтриманням в анаеробних біореакторах великих доз (20-60 г/л) високоактивного анаеробного мулу, що утворює стійкі щільні флокули (гранули) діаметром 1-5 мм. Компактність, повна герметичність і невеликі габарити дозволяють встановити



реактори не лише на майданчику очисних споруд, але і на території підприємств. Процес очистки простий в управлінні і може бути повністю автоматизованим [32].

#### **4.3. Очищення стічних вод дріжджових підприємств за допомогою електричного поля**

Існує ряд методів і способів очищення рідких відходів, про які вже йшлося раніше. Для знезаражування води від хвороботворних бактерій застосовують хлорування обробку гамма-променями і короткохвильовими ультрафіолетовими променями. Існуючі методи і способи утилізації та переробки рідких відходів не дозволяють довести викиди підприємств до екологічно рекомендованих норм. Всі реагенти, що застосовуються у всіх цих способах, не є для навколишнього середовища безпечними. На даному етапі розвитку науки і техніки самими прогресивними методами переробки та утилізації відходів є безреагентні [35].

Сучасним методом при очищенні стічних вод дріжджового виробництва за допомогою електричного поля. Використання цього методу пояснюється таким чином: чим більше в'язкість рідини, тим важче відокремити від неї частинки; для забезпечення збереження якості фільтрованої рідини, збільшення швидкості протоки (продуктивність установки) необхідно збільшення загальної напруженості зовнішнього електричного поля. Зниження дзета-потенціалу частинки зменшує ефективність процесу фільтрування. Утримування залежить від розміру часток, електропровідності середовища та частинки, діелектричної постійної середовища і градієнта напруженості неоднорідного електричного поля, який зумовлюється, в свою чергу, природою (зокрема, поляризацією, діелектричної проникністю і т.д.), а також розмірами і формою поляризованого матеріалу. У зв'язку з цим, представляється цілком реальним використовувати явище електроутримання для очистки стічних вод дріжджових заводів, так як дані види відходів містять, колоїдні частинки різної

природи, мікроорганізми, фарбувальні і інші органічні речовини, які здатні адсорбуються на поляризованому діелектричному матеріалі в електричному полі [33].

#### **4.4. Дослідження показників стічних вод очищених електрохімічним способом**

Процес очистки стічних вод електродіалізом базується на роз'єднанні іонізованих речовин під дією електрорухомої сили, створюваної в розчині по обидві сторони мембран. Враховуючи такі умови, аніони струмом переносяться в анодний простір. На аноді виділяється кисень і утворюється кислота. Одночасно катіони переносяться в катодний простір. На катоді виділяється водень і утворюється луг.

Процес очищення стічних вод проводили в електродіалізаторі, найпростіша конструкція якого складається із двох камер, відділених одна від одної мембраною (див. рис. 4.1). Досліджувану стічну воду заливали в анодну і катодну зони, що були розділені мембраною. Мембрана виготовлена з тканини «бельтінг». В якості матеріалу аноду використовували нержавіючу сталь, катоду – титан. Міжелектродна відстань становила 48 мм. На катод і анод подавали постійний електричний струм і проводили процес електродіалізу.

Після закінчення процесу стічну воду з катодної і анодної зони зливали одночасно через штуцера.

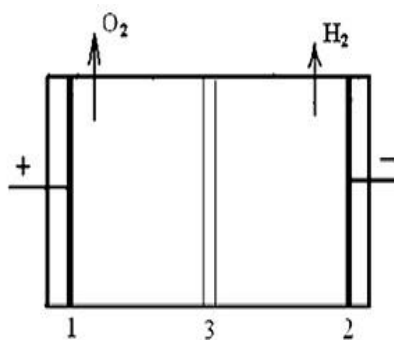


Рис. 4.1. Схема електродіалізу 1 – анод; 2 – катод; 3 – мембрана

На процес електродіалізу впливають такі показники, як сила струму, напруга і температура середовища. Умови проведення електрохімічного очищення показані в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Умови проведення електрохімічного очищення

Показники	Стічна вода I ступеня		Стічна вода II ступеня		Стічна вода III ступеня	
	Початковий момент	Кінцевий момент	Початковий момент	Кінцевий момент	Початковий момент	Кінцевий момент
Сила струму, А	0,4	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2
Напруга, В	19	20	18	19	15	16 В
Температура, °С	19	19	19	19	19	19

Час проведення процесу очищення стічних вод в електродіалізаторі становив 5 і 10 хв.

Порівняльний графік показників стічних вод процесу електрохімічного очищення в залежності від часу проведення показано на рис. 4.2.

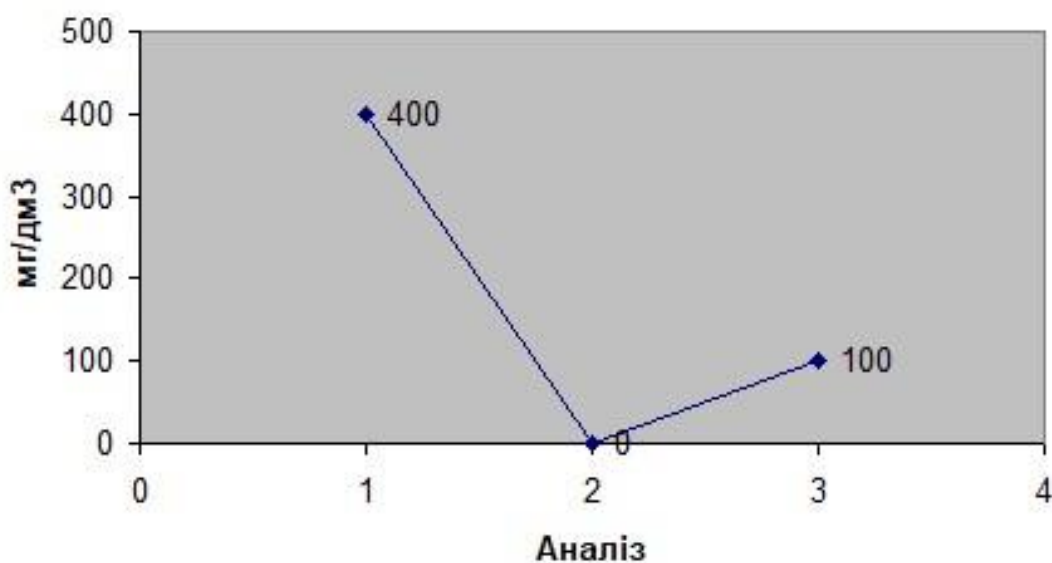


Рис. 4.2. Порівняльний графік показників стічних вод процесу електрохімічного очищення в залежності від часу

Перший і другий сектори графіка показують значення вмісту прокаленого залишку після 5-ти і 10-ти хвилинної тривалості процесу очищення. Третє значення характеризує вміст прокаленого залишку відповідно до нормативів показників стічних вод.

Отже, для ефективності проведення процесу електрохімічного очищення стічних вод приймемо час тривалості – 10 хв.

Отримані результати досліджень стічних вод після очищення при тривалості процесу  $t = 10$  хв, показані в таблиці 4.3.

Отримані дані свідчать про ефективність проведення електрохімічного очищення. Порівнявши показники вихідної води та води після очищення можна сказати, що процес краще пройшов в катодній зоні.

Таблиця 4.3

Результати досліджень стічних вод після очищення електродіалізом

Показники	Стічна вода I ступеня		Стічна вода II ступеня		Стічна вода III ступеня	
	Анодна зона	Катодна зона	Анодна зона	Катодна зона	Анодна зона	Катодна зона
Рн	4,57	5,21	4,62	6,29	4,65	7,7
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	1401,1	789,3	1361,6	572,3	1260,4	315,7
Нітрити, мг/дм <sup>3</sup>	1,6	1,25	0,75	0,4	0,4	0,2
Зважені речовини, мг/дм <sup>3</sup>	2400	2800	1600	1200	400	400
Прокалений осад, мг/дм <sup>3</sup>	1200	1200	800	400	0	0

Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	1975,2	2633,6	987,6	1810,6	658,4	465,2
ХСК, мго <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	9145	9654	7352	8451	1080	1254

#### 4.4. Висновки до розділу

Методи очищення стічних вод поділяються на шість основних напрямків : механічні, хімічні, фізичні, фізико-хімічні, фізико-механічні, біологічні. Особливості та послідовність застосування кожного із методів, залежить від різних факторів таких як якісний і кількісний склад, ступінь забруднення стічних вод дріжджових заводів.

Особливостями очистки стічних вод дріжджового виробництва є необхідність виконання ряду найважливіших вимог: усереднення промислових стоків за складом і витратою; попередня анаеробна очистка в біореакторі; застосування двоступінчастої схеми біологічної очистки в аеротенках з локальними системами біоценозу й незалежних контурів рециркуляції активного мулу; розбавлення концентрованих стоків комунальними водами на кожному ступені очистки у спів відношенні 1:2 перед першим ступенем та від 3:1 до 5:1 перед другим ступенем.

Сучасним методом при очищенні стічних вод дріжджового виробництва за допомогою електричного поля а також процес очистки стічних вод електродіалізом, що базується на роз'єднанні іонізованих речовин під дією електрорухомої сили, створюваної в розчині по обидві сторони мембран.

## РОЗДІЛ 5 ТЕХНОЛОГІЯ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ДРІЖДЖОВОГО ВИРОБНИЦТВА

### 5.1. Основні аспекти процесу біологічної очистки стічних вод дріжджового виробництва

На українських підприємствах для зниження забруднень високонцентровані стоки розбавляють низькоконцентрованими або умовно чистими і після цього попадають у загальний колектор. Для очищення здебільшого використовують хімічні, фізико-хімічні або біологічні методи (найчастіше аеробну ферментацію розбавлених стоків, для чого в аеротенках та окислювальних каналах здійснюють барботування забруднених стоків повітрям, що призводить до збільшення об'ємів та енергозатрат, утворення значної кількості активного мулу, який також потрібно утилізувати) [34].

В Україні також вивчається метанова ферментація для очищення дріжджової бражки. Досягається значний ступінь очищення (максимальний ступінь очищення за найменшої швидкості протікання 77,8 % вилучених забруднень, мінімальний – 64,7 % при найбільшому протіканні). Кількість забруднень у стічних водах дріжджового виробництва може бути різною і значною мірою залежить від стадії технологічного процесу дріжджова бражка містить залишки органічних і мінеральних речовин, що не були використані культурою в процесі росту, та речовини, що утворились в результаті процесів обміну і надійшли в культуральні рідину. Найконцентрованіші стоки утворюються на стадії відокремлення дріжджових клітин від культуральної бражки. Залежно від стадії очищення ХСК цих стоків коливається у межах 350-13000 мг  $O_2$ /л. Після метаногенезу ХСК бродженої культуральної рідини становить 950-1500 мг  $O_2$ /л, що дає підстави для застосування аеробних методів доочищення зі значно меншими витратами [36].

Метанова ферментація стоків виробництва хлібопекарських дріжджів – ефективний метод для досягнення високого рівня очищення, вона здатна забезпечити себе енергією й може бути використана для одержання вітамінних препаратів.

Культивування кормових дріжджів на кормових стоках. Для мікробіологічних стоків застосовують переважно аеротенки повного змішування з відстоюванням та фільтрацією активної мулу на шнекових пресах та подальшою метановою ферментацією мулу в біогаз, а очищені стоки використовують як технічну воду.

Стоки з БСК 2100 мг/л очищуються на 85 % [37].

Для очищення розбавлених стоків з БСК 150-200 мг/л використовують обертальні біологічні контактори з іммобілізованою мікрофлорою, які знижують органічні забруднення теж на 85%.

Зниження ХСК стічної води з 8000 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup> досягається вирощуванням комбінації адаптованих до стоків культур *Pichia jadinii*, *Pichia guelliermondii* та *Trichosporon cutaneum* на післядріжджовій бражці у співвідношенні 1:1 з одержанням концентрованої біомаси 10 г/дм<sup>3</sup> з відсотком білка до 53 %. Активні на післядріжджовій бражці і чисті культури культур *Pichia jadinii* та *Trichosporon cutaneum* [35].

Комбінована анаеробно-аеробна біотехнологія стічних дріжджових вод. Проблему локального очищення стічних вод жріжджових заводів запропоновано вирішувати найсучаснішими й економічно вигідними способами. Така біотехнологія передбачає очищення стічних вод дріжджових заводів за допомогою анаеробного біореактора з гранульованим мулом та аеробних біотенків з іммобілізованими на волокнистому носіїві мікроорганізмами [37].

Формування біоценозу системи очищення здійснюється в процесі анаеробноаеробного зброджування. Стан іммобілізованої біоплівки контролюють мікроскопіюванням та ваговим методом, визначаючи кількість фіксованих



мікроорганізмів (у грамах біомаси на 1 г носія). У табл. 5.1. представлені дані по санітарно-хімічним показникам очищення стічних вод дріжджового виробництва.

Таблиця 5.1

Санітарно-хімічні показники очищення стічних вод

дріжджового виробництва

Показники забруднення	Стічні води		
	Забруднені	очищені способами	
		Анаеробним	Аеробним
Рн	6,3	7,6	8,5
ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	13000-14500	3200-3800	1300
БСК <sub>повн</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	13600-15200	2720-3040	480
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	16500-18200	8600-9200	4000-4900
Прожарений залишок, мг/дм <sup>3</sup>	5100-5700	3600-4200	3600-3200
Загальний азот	800-1500	500-900	60-80
Фосфор, мг/дм <sup>3</sup>	80-106	70-96	30-40

Періоди формування біоценозу:

1. Початковий період зародження біоплівки – масовий розвиток індикаторних мікроорганізмів *Amoeba limax*, *Colpoda steini*, *Euplotes charon* свідчать про зародження біоплівки на волокнистому носії (ефект очищення в цей період не перевищує 50%, а тривалість початкового періоду – 3-5 діб);

2. Перехідний період формування адаптивного біоценозу – починається період формування адаптивного до умов очищення стічних вод дріжджового заводу біоценозу мікроорганізмів та мікроскопічних найпростіших *Stylonychia pustulata*,

*Vorticella albo* та *Vorticella microstoma*, *Callidina sp*, *Opercularia*, коловертки та водних кліщів (ефект очищення постійно зростає, а тривалість попереднього періоду – 6-8 діб);

3. Основний період сформованої біоплівки – у сформованої біоплівки основного періоду під час мікроскопіювання спостерігають окремі мікроорганізми *Stylonychia pustulata* та приблизно однакову кількість мікроорганізмів виду *Vorticella albo*, *Vorticella microstoma*, *Callidina sp*, *Opercularia*, коловертки та водні кліщі.

У табл. 5.2 показанні параметри анаеробно-аеробного очищення стічних вод дріжджового виробництва [36].

Таблиця 5.2

Параметри анаеробно-аеробного очищення стічних вод дріжджового виробництва

Показники очищення	Стадії очищення	
	анаеробна	аеробна
Тривалість, год	18	18
Ефективність очищення за ХСК, %: за стадіями	75-77	60
Ефективність очищення за ХСК, %: загалом	89-90	-
Питоме навантаження за ХСК, кг/м <sup>3</sup> добу	14,0	2,5-3,0
Доза активног мулу, г/дм <sup>3</sup> АСБ	60-70	4,5-4,7
Питома витрата повітря, м <sup>3</sup> /кг	-	30
Вихід біогазу, м <sup>3</sup> /кг знятого ХПК	0,7	-

Показники забруднених та очищених стічних вод заводу хлібопекарських дріжджів та параметри їх очищення вказують на доцільність комбінованої схеми аерації.

## 5.2. Біотехнологія очистки стічних вод дріжджових підприємств

Відповідно до даних представлених в літературі [37, 38], стічні води дріжджових виробництв можна охарактеризувати як висококонцентрованими за рахунок органічних забруднень і, як правило, не мають токсичних домішок. Органічні забруднення стічних вод у всьому складі містять складові компоненти використаної сировини рослинного і тваринного походження, органічна структура цих компонентів робить моливим окиснення цих речовин.

Найпростіший критерій біоокислюваності органічних домішок стічних вод слугує експериментальне визначення показника БСК. Якщо можливо вихначити цю величину (що означає що споживання кисню відбулося), то домішки можна вважати біологічно окислюваними. Ступінь біоокислюваності органічних домішок прийнято оцінювати чисельним відношенням  $BCK_{\text{повн}}/XCK$ , тобто відношення кількості органічних домішок, які окислилися біологічним методом, до загальної маси органічних домішок, які присутні в стічних водах. Якщо відношення  $BCK_{\text{повн}}/XCK > 0,5$ , то для утилізації органічних забруднень раціонально використовувати аеробні біологічні методи очищення [39].

Для стічних вод для дріжджових підприємств значення відношень  $BCK_{\text{повн}}/XCK$  дорівнює 0,63. Ці данні свідчать про те що, стічні води дріжджових заводів доцільно очищувати на основі біологічних методів.

Існує дві основні умови успішного перебігу процесу біологічної очистки стічних вод підприємств дріжджової промисловості. Перша умова відноситься до врахування режимів надходження стічних вод, та кількісного та якісного вмісту в них біогенних елементів, жирів, завислих речовин тощо, значень рН. Друга умова показує необхідність залучення двохступінчастих систем біологічної очистки відносно високій концентрації забруднюючих речовин і різної швидкості окислення окремих їх компонентів [39].

Водовідведення на підприємствах дріжджової промисловості описуються досить сильною нерівномірністю, зумовленою наявністю перероблюваної сировини. Ці обставини вимагають влаштування усереднювачів, об'єми яких є співставними з об'ємами аеротенків і підкреслюють доцільність застосування для очистки стічних вод підприємств харчової промисловості аеротенків-змішувачів, які виступають у ролі усереднювачів.

Визначення показника рН у дріжджовій промисловості залежить від перероблюваної сировини і застосуванням лужних засобів для миття обладнання. Для деяких підприємств показник рН може коливатися у широких межах, виходячи за межі значень, рекомендованих для біологічної очистки (рН 6,5-8,5), що потребує попередньої корекції величини рН за допомогою методу хімічної нейтралізації. У переважній більшості випадків також корекції підлягає вміст у стічних водах біогенних елементів, який у переважній більшості випадків виявляється зниженим для нормального здійснення процесу біологічної очистки в аеротенках [39].

Як правило, ефективність освітлення стічних вод у первинних відстійниках складає приблизно 50%, а із використанням активної аерації та біокоагуляції може зрости до 75% [40]. Таким чином, для забезпечення подачі в аеротенки стічних вод із концентрацією завислих речовин не вище 150 мг/л, концентрація завислих речовин в очищуваних стічних водах не має перевищувати 300-600 мг/л. Для переважної більшості підприємств дріжджової промисловості реальні концентрації завислих речовин стічних вод значно перевищують встановлені межі, що доводить доцільність використання для їх попередньої очистки напірної флотації. Попереднє очищення за допомогою флотації дозволяє зменшити вміст грубодисперсних, емульгованих і частини колоїдних домішок, а також збільшити у стічних водах відношення  $BCK_{повн}/XCK$  чим і покращиться наступна біологічна очистка стічних вод.

При необхідності скидання очищених стічних вод у природні водойми їх доочистка також може відбуватися за допомогою фільтрування через

пінополістирольне завантаження, яке володіє властивістю великої брудоемності та легко промивається. На другому ступені біологічної очистки також можуть використовуватись мембранні біореактори, які можуть забезпечити досягнення показників якості очищених стічних вод, достатніх для їх скиду в природні водойми [41].

Для очищення стічних вод підприємств дріжджової промисловості також рекомендується біотехнологія, що передбачає попереднє вилучення із стічних вод великих частинок на решітках, піску – у піскоуловлювачах, корегування рН і вмісту біогенних елементів, флотаційне вилучення основної маси завислих речовин (за наявності – також і жирів), двоступінчасту біологічну очистку, доочистку на фільтрах з плаваючим завантаженням. При скиданні очищених стічних вод у міську каналізацію здійснюється лише попередня та неповна біологічна очистка [40].

Рекомендована біотехнологія очищення стічних вод досить успішно використовується на діючих очисних спорудах більше ніж двадцяти підприємств харчової і дріжджової промисловості [42].

Стічні води дріжджових підприємств володіють наступними характеристиками: висококонцентровані за вмістом органічних домішок, завислих речовин (іноді і жирів), можуть містити несприятливий для біологічного очищення вміст біогенних елементів і значення рН. Вони в переважній більшості не містять у своєму складі токсичних домішок, а режим їх відведення відокремлюється досить значною нерівномірністю.

Проведення аналізу ступеня біоокислюваності органічних домішок за співвідношенням  $BCK_{повн}/XCK$  показує, що стічні води більшості сучасних підприємств дріжджової промисловості найдоцільніше очищувати біологічними методами у стадія аеробного і анаеробного зброджування в залежності від характеристик стічних вод [43].

Рекомендована схема утилізації та очищення стічних вод дріжджового виробництва представлена на рис. 5.3.

За рекомендованою схемою процес попереднього очищення та утилізації стічних вод базується на здійсненні розділення концентрованих стічних вод на окремі потоки. Післядріжджова бражка, інфіковані стоки та промивні води I ступеню, що мають показники ХСК = 10000 – 60000 мгО<sub>2</sub>/л відводяться одним потоком, розбавляються побутовими стоками та направляються на метанове бродіння для отримання біогазу. отриманий в результаті метанового бродіння біогаз направляється у котельню, а стічні води подаються на очисні споруди для біохімічного очищення.

Другим потоком відводимо стічні води II ступеню сепарації дріжджів. Стічна вода подається на електродіалізну установку для здійснення процесу знезараження, і далі за схемою вона направляється на біохімічне доочищення.

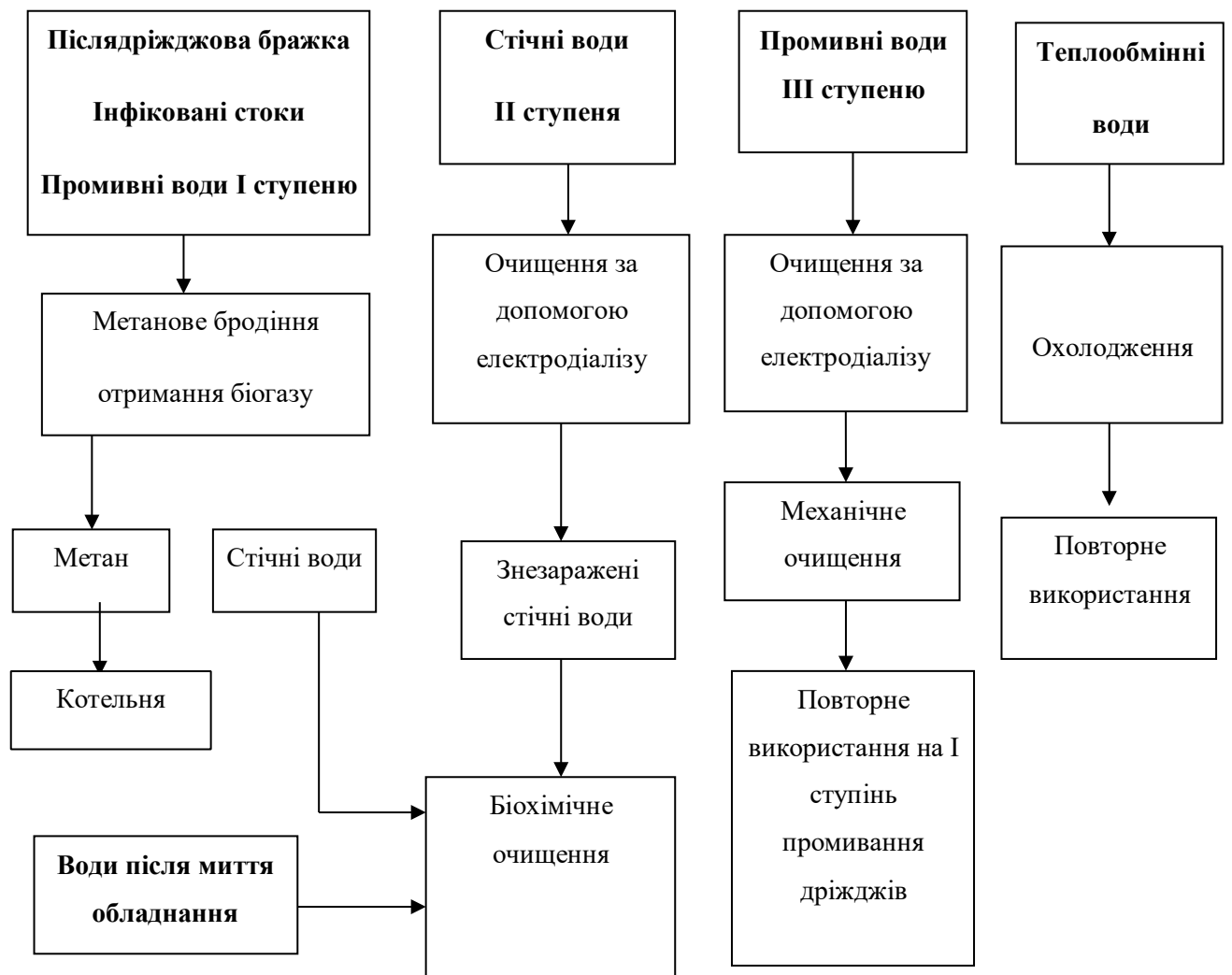


Рис. 5.3. Рекомендована принципова технологічна схема очищення та повторного використання стічних вод дріжджового виробництва

Промивні стічні води після третьої сепарації подаються третім потоком на очищення за допомогою запропонованого методу електродіалізу. Як показало дослідження аналізу фізико-хімічних показників стічних вод та їх порівняння з вимогами до артезіанської води, що використовується в процесі промивання дріжджів отримані очищені стічні води доцільно направити на повторне використання першого ступеня промивання дріжджів.

Останнім потоком відводимо теплообмінні води на охолодження та повторне використання.

Таким чином для вирішення проблем очищення висококонцентрованих стоків дріжджових заводів доцільне застосування біореакторів. Розрахуємо біореактор об'ємом  $10 \text{ м}^3$  концентрованого газу.

Враховуючи всі особливості процесу бродіння та його технології, реактор у загальних випадках повинен відповідати наступним вимогам [42]:

- абсолютна герметичність стінок, що перешкоджає газообміну;
- непроникність для рідин;
- корозійна стійкість;
- збереження міцності у статичному стані при впливі власної сили тяжіння і маси завантаженого субстрата;
- досконала теплоізоляція;
- надійність завантаження і розвантаження;
- доступність внутрішнього простору для обслуговування.

### 5.3. Опис схеми біогазового реактора

Мікробіологічний реактор являє собою резервуар, який складається з верхньої циліндричної і нижньої конічної частини (див. рисунок 5.4 ). Робочий об'єм реактора  $10 \text{ м}^3$ .

Біомаса ( у нашому випадку це стічні води) загружаються через патрубок завантаження 3 у реактор, у нижній частині метантенкавідбувається підігрів біомаси спеціальним спіральним теплообмінником 10, у середині якого циркулює тепла вода. Біомаса перемішується шнековим перемішувачем 2,4, верхня спіраль якого має бути вище рівня субстрату. Змішувач приводиться в рух електродвигуном 13, який включається 1 раз у годину на 5 хвилин, швидкість обертання шнека 2-5 об/хв. В процесі змішування досягається однорідність біомаси і руйнується кірка на її поверхні. Відпрацьований субстрат зливають через зливний патрубок 7, також



потрібно передбачити наявність резервного патрубка 8, який виконає свої функції у випадку забивання основного. У центрі дна розташовується патрубок повного зливу.

За температурою біомаси у реакторі і режимами роботи електродвигуна слідкує блок автоматичного керування 15, який отримує дані з датчика температури 14. Біогаз збирається у верхній частині метантенку над біомасою у газовій камері 5. Далі крізь патрубок відбору 6 він переходить у газгольдер. На випадок перевищення допустимого значення тиску запроєктуємо у кришці реактора запобіжний клапан 16. Також у кришці метантенка потрібно передбачити технологічні люки 12 [52].

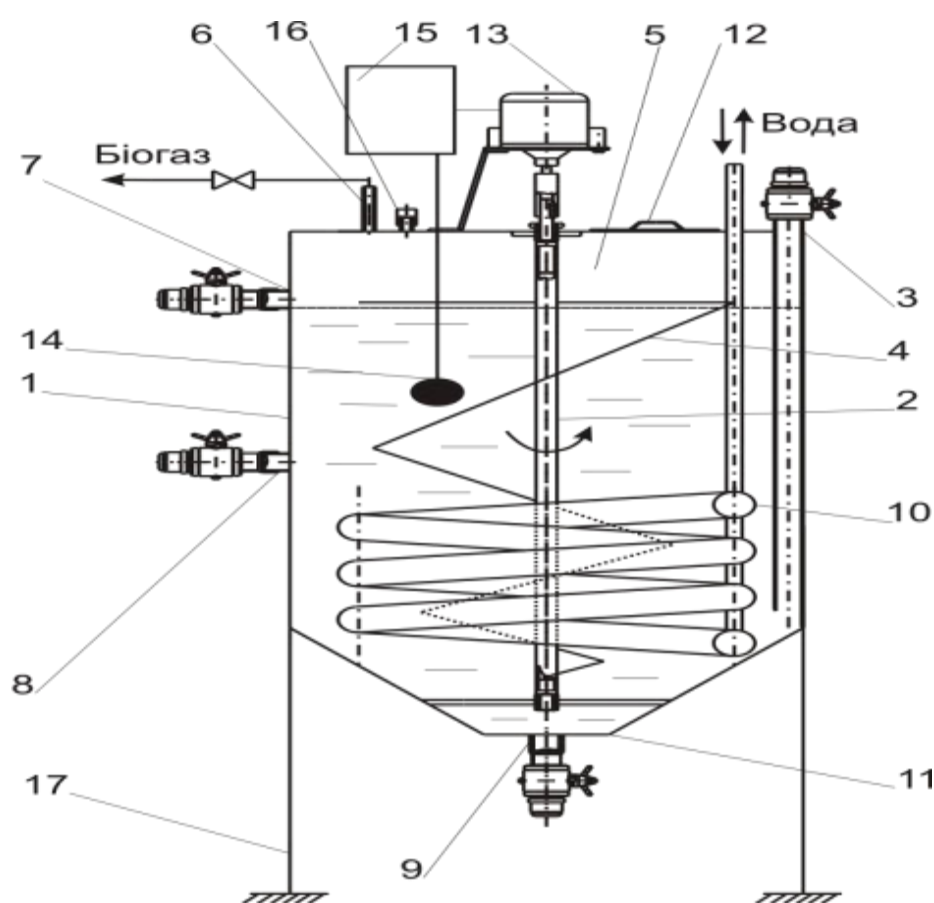


Рис. 5.4. Принципова схема мікробіологічного реактора: 1 – корпус реактора, ззовні теплоізолюваний; 2 – змішувач; 3 – патрубок завантажувальний; 4 – шнек; 5 – газова камера; 6 – патрубок відбору; 7 – зливний патрубок; 8 – резервний патрубок; 9 – патрубок повного зливу; 10 – теплообмінник; 11 – з'ємне дно реактора; 12 – кришка реактора; 13 – електродвигун; 14 – датчик температури; 15 – блок автоматичний блок керування; 16 – запобіжний клапан; 17 – опора реактора.

Ефективність біогазової установки визначається критерієм ступеня розпаду сухої органічної речовини, оскільки від нього залежить відношення метану в збродженому гної, отже, і його властивості удобрювачів. Для визначення цього параметра запропонована формула :

$$L = \frac{100^4 \cdot c_6 \cdot V_C}{c_H \cdot d(100 - W)(100 - A_c)} \quad (5.1)$$

де  $d$  - доза добового завантаження метантенка, %; В нашому випадку приймемо дозу завантаження реактора 325 кг добу, ця доза рівна виході гною з 10 корів. отже склавши пропорцію доза добового завантаження реактора  $d = 3,3\%$ .

$c_H$  - густина біогазу,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $c_H = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

$V_C$  - питомий вихід біогазу,  $\text{м}^3/\text{добу}$  приймемо  $V_C = 80 \text{ м}^3/\text{добу}$ .  $c_6$

- густина біомаси,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $c_6 = 980 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

$W$  - вологість біомаси, %,  $W = 91\%$ , напіврідкий гній.

$A_c$  - зольність біомаси, %,  $A_c = 2\%$ .

$$L = \frac{100^4 \cdot 980 \cdot 50}{1,2 \cdot 3,3(100 - 91)(100 - 2)} = 1,72 \quad (5.2)$$

Для установок для анаеробного зброджування біомаси звичайно застосовують показник – доза добового завантаження, яке знаходиться в прямій функціональній залежності від питомого навантаження на одиницю об'єму реактора. Доза добового завантаження є визначальним параметром, що впливає на ефективність роботи біогазової установки, від якої залежить питомий вихід біогазу з одиниці об'єму зброджуваної біомаси, ступінь розпаду органічної речовини в початковому гної і ступінь знезараження. У свою чергу цей параметр робить вплив на вихід товарного біогазу і об'єм метантенка. Тому деякі дослідники дають просто рекомендації по її величинах, які знаходяться в широких межах і складають від 1 до 20% від об'єму метантенка або 1-10 кг сухої речовини на 1  $\text{м}^3$  біомаси на добу [53].

Одним з основних призначень біогазових установок є отримання біологічного газу, утилізація якого повинна забезпечити отримання додаткової енергії. Не дивлячись на те, що більшість фахівців вважає метаногенез перспективним і прогресивним методом переробки відходів тваринництва, супротивники цього методу виказують побоювання відносно негативного енергетичного балансу установок [53].

В такому випадку, як критерій ефективності біогазової установки, може бути прийнята умова отримання товарного біогазу або коефіцієнт витрати енергії на власні потреби установки [53].

В зв'язку з цим була виконана велика кількість робіт, присвячених вивченню теплофізичних властивостей біомаси, методам його нагріву при підготовці до зброджування, визначенню тепловтрат в процесі зброджування, а також розрахункам енергетичного балансу біогазових установок. Рівняння теплового балансу біогазової установки, має такий загальний вигляд:

$$Q_{\text{заг}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \text{ кКал} \quad (5.3)$$

де  $Q_{\text{заг}}$  - загальна добова кількість тепла, необхідне для здійснення процесу, кКал;

$Q_1$  - кількість тепла, необхідне для попереднього нагріву добової дози початкового біомаси до температури вибраного режиму, кКал

$Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6$  - відповідно втрати тепла в добу: у трубопроводі, сполучаючим установку для нагріву з проміжною місткістю; у проміжній місткості; у трубопроводі, що сполучає проміжну ємність з камерою для зброджування; через стінки камери зброджування; з біогазом, що виділяється, кКал. Складові цього рівняння визначаються експериментально для кожної конкретної установки.

#### **5.4. Умови експлуатації біогазової установки**

Для біогазової установки вологість завантажуваної маси повинна бути в межах 88 - 95%; тривалість зброджування 20 - 22 дні; щодоби камери завантажуються сириим гноєм в кількості 5% від їх об'єму [53].

При пуску установки в роботу спочатку завантажуються одна бродильна камера. Для прискорення процесу зброджування завантаження проводяться невеликими порціями [53].

Щоб уникнути забивання трубопроводу, по якому маса випускається з камери зброджування, потрібно не рідше одного разу на рік очищати дно камер від осаду за допомогою спеціальних механізмів [53].

## **5.5. Висновки до розділу**

Для очистки стічних вод діжджових виробництв може бути рекомендована біологічна очистка, яка передбачає попереднє вилучення із стічних вод крупних частинок на решітках, піску – у піскоуловлювачах, корегування рН і вмісту біогенних елементів, флотаційне вилучення основної маси завислих речовин (за наявності – також і жирів), двоступінчасту біологічну очистку, доочистку на фільтрах з плаваючим завантаженням.

При скиданні очищених стічних вод у міську каналізацію здійснюється лише попередня та неповна біологічна очистка.

Для очищення розбавлених стоків з БСК 150-200 мг/л використовують обертальні біологічні контактори з іммобілізованою мікрофлорою, які знижують органічні забруднення теж на 85%.

## РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

### **6.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час експлуатації біогазових установок**

Біогазові установки у промисловості використовуються для отримання енергії з відновлюваних джерел та впровадження безвідходних технологій переробки біомаси з метою виробництва метану та зменшення викидів парникових газів при максимальному використанні сировини. Загальна кількість біогазових установок у Європі перевищує 12 тис., з яких більш 9 тис. у Німеччині. В наш час в Україні знаходяться в експлуатації або на стадії будівництва понад 15 біогазових установок (БГУ) [53].

Метан, який становить від 50 до 75% біогазу, утворює вибухонебезпечні суміші в повітрі, і представляє небезпеку для вибуху. Нижня вибухова межа метану 4,4 об.%, а верхня – 16,5 об.%. За роки експлуатації біогазових установок в Європі були наступні аварійні ситуації: витік з резервуару для збереження відходів; витік біогазу безпосередньо з місць розподілу і зберігання; викид сірководня при аварійних ситуаціях; забруднення водних джерел в наслідок аварійного скидування стічних вод; вихід з ладу устаткування пожежогасінні внаслідок черезмірного переповнювання

через сильні зливи; присутність у сировині для виробництва біогазу потенційно небезпечних речовин.

Основні аспекти безпеки при створенні і експлуатації біогазових установок охарактеризована в ГОСТ Р 53790-2010.

Аналіз аварій з вибухами дозволяє виділити наступні групи: аварії, пов'язані зі зберіганням біогазу, пов'язані з транспортуванням біогазу та пов'язані з отриманням біогазу в процесі для анаеробного зброджування. Встановлено і узагальнені аварійні ситуації на біогазових установках: аварійний скид фільтрату; забруднення навколишнього середовища вихідним сировиною або продуктами; переповнення реактора; зупинення реакторів; перезаповнення піною; випуск метану (без займання); займання метану (в резервуарі); накопичення та займання метану в будівлі; виникнення пожежі в безпосередній близькості від установки; задуха або отруєння газами; викид сірководню; пожежа в окремих секторах заводу; ураження електричним струмом; травмування рухомими частинами механізмів; падіння з висоти; опіки; зараження патогенними мікроорганізмами; аварійний скид субстрату; вплив на навколишнє середовище при утилізації забрудненого матеріалу. До можливих зон ризику біогазових установок відносяться: ревізійний отвір в реакторі для мішалки; незворушне оглядове вікно

При обслуговуванні біогазових установок можлива дія на працівників хімічно, фізично-, біологічно- та психофізіологічно небезпечних факторів.

До хімічно небезпечних факторів відносяться:

- метан – газ 4-го класу безпеки. ГДК = 300 мг/м<sup>3</sup> у повітрі робочої зони. Токсична дія метану у звичайних умовах визначається головним чином нестачею кисню.
- сірководень – газ 4-го класу безпеки, ГДК у повітрі робочої зони – 10 мг/м<sup>3</sup>. Потрапляючи в організм, речовина окислюється і утворює неорганічні сполуки.;

- аміак – газ 4-го класу небезпеки. Володіє сильною токсичною дією на організм людини..

До фізично небезпечних факторів відносяться:

- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини. Можливе місцеве травмування в вигляді електроопіків, електричних знаків та ін., або ураження всього організму внаслідок порушення діяльності життєво-важливих органів і систем (серця, дихання);

- машини, що пересуваються та рухливі механізми обладнання можуть призвести до травм та поранень рухливими частинами.

- рухомі та обертальні частини машин та механізмів, що може призвести до травмування та загибелі людини;

- підвищений рівень шуму і вібрації, що може призвести до професійної туговухості при їх тривалій дії. Вібрація впливає на ЦНС, серце, органи, що визначають рівновагу тіла людини та інше;

- недостатнє освітлення робочої зони, що веде до втрати зору, викликає стомлення;

- небезпечний рівень напруги 380В електричній мережі, замикання, що може відбутися через тіло людини і призвести до загибелі;

- підвищена температура поверхні обладнання призводить до небезпеки одержання людиною термічних опіків;

- наявність пов'язаних систем і апаратів, які працюють під тиском веде до травмування, пожежам при аварії;

- промисловий та внутрішньозаводський транспорт, що може призвести до механічної травми і загибелі людини;

- підвищена температура повітря в робочій зоні що може призвести до порушення терморегуляції організму людини.

До біологічно небезпечних факторів відносяться патогенні мікроорганізми, які знаходяться в субстратах на основі післядріжджової барди.

До психофізіологічних факторів відносяться роботи на висоті, у закритих апаратах та ін.

На основі статистичних даних встановлено можливі зони ризику БГУ:

- ревізійний отвір в реакторі для мішалки;
- незворушне оглядове вікно;
- запобіжник гранично високого тиску;
- виведення повітря з газгольдера; - подача повітря в газгольдер.

Крім того, на деяких БГУ недовершена система пневмо засувки на барботажній станції, на яких є система зливу конденсату. Вона закрита "на батерфляй". В процесі експлуатації ущільнювачі можуть перестати виконувати свої функції і, в разі відсутності конденсату в накопичувальній трубі, біогаз може надходити в приміщення станції.

Визначення можливих ризиків на біогазових комплексах

На основі аналізу досвіду по експлуатації біогазових установок, наслідками небезпечних факторів та можливими надзвичайними ситуаціями є:

- аварійне скидання фільтрату;
- забруднення навколишнього середовища вихідною сировиною,
- переповнення біореактору (ферментеру);
- зупинка біореакторів (ферментерів);-переповнення піною;
- випуск метану (без займання);
- займання метану (у біореакторі);
- накопичення метану і займання в будівлі;
- виникнення пожежі в безпосередній близькості від установки;
- викид сірководню;
- задуха або отруєння газами(сірководень, аміак, метан);



- пожежа на території біогазового комплексу;
- ураження електричним струмом;
- травмування рухомими частинами механізмів;
- падіння з висоти;
- опіки;
- зараження патогенними мікроорганізмами;

Аварія, яка може виникнути під час експлуатації ферментера в результаті порушення технологічного процесу або механічного пошкодження:

- розгерметизація мембрани газгольдера і утворення в його обсязі газоповітряної суміші, яка при наявності джерела запалювання (коротке замикання в змішувачі субстрату) викликає вибух;
- механічне пошкодження верхньої захисної оболонки ферментатора і мембрани, внаслідок чого відбувається витік газу з резервуара, який при наявності джерела запалювання може спалахнути і підтримувати горіння.

## **6.2. Технічні та організаційні заходи для зменшення рівню впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів при використанні біогазових установок**

Для попередження та зменшення значення ризику пожежі, складові частини біогазової установки мають бути розподілені на окремі сектори протипожежного захисту. Певні відстані, що необхідно дотримуватися між секторами, залежать від обсягу резервуара і вибору матеріалу стін конструкцій. Відстань, що забезпечує пожежну безпеку від наземних газгольдерів до інших елементів установки може змінюватися від 3 до 20 м. Потенційним джерелом займання можуть слугувати механічні та електричні іскри, відкрите полум'я, гарячі поверхні і статична електрика.

Випробування та запуск біогазової установки повинні відповідати ДСТУ 7588:2014. До цього додаються вимоги з охорони праці, оскільки на БГУ працює окремий персонал. Необхідно надати документ з вибухонебезпечними зонами, за яким можна було б визначити [25]:

- де можуть утворюватися вибухонебезпечні газові суміші і наскільки велика їх небезпека;
- які заходи здійснюються для зменшення цієї небезпеки; - схематичне зображення вибухонебезпечних зон.

Захисні дистанції орієнтуються на безпеку під час вибуху. Зона 0 належить до такого типу зон, у яких повсякчасно існує небезпека вибуху (при стандартному режимі роботи зазвичай таких небезпек не повинно виникати на біогазових установках). Зона 1 охоплює територію, на якій час від часу виникає вибухонебезпечне середовище з різних газів (напр. навколо газових факелів). Зона 2 охоплює територію на якій може утворитися вибухонебезпечне середовище з газів [54].

Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003-91, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції,

органів управління і засобів захисту, які входять в інструкцію виробничого обладнання будь-якого виду і призначення.

Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується заземлення. Крім того безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. особи, що обслуговують електроустановки повинні користуватися засобами індивідуального захисту – спецвзуття, рукавиці [54].

Обов'язкова установка захисного заземлення. Під час виконання робіт, що пов'язані із зняттям напруги у встановленні заземлення на струмопровідні частини обов'язково необхідно безпосередньо одразу після перевірки на відсутність напруги.

Відокремленими від струмопровідних частин мають бути заземлені струмовідні частини, що перебувають під напругою, видимим розривом (вимкненими вимикачами, роз'єднувачами, відокремлювачами або вимикачами навантаження, знятими запобіжниками, демонтованими шинами або проводами). Заземлення повинно додатково встановлюватися безпосередньо на робочому місці в таких випадках, якщо такі частини імовірно можуть опинитися під наведеною напругою (потенціалом), яка може викликати серйозне ураження струмом, або у випадку коли на них подається напруга що перевищує 42 В змінного і 110 В постійного струму від окремого стороннього джерела [54].

Під час роботи на біогазовій установці необхідно дотримуватися вимог гігієни праці і виробничої санітарії, контролювати дотримання норм мікроклімату, освітлення, шумів та вібрацій.

Джерелами виробничого шуму та вібрацій можуть бути двигуни, вентилятори, насоси. Захист від шуму повинен досягатись розробленням шумоізоляційної техніки, а також застосування індивідуальних засобів захисту, а також

акустичнобудівельними методами. Основні технічні заходи по зменшенню шуму та вібрацій що регламентуються відповідно до ГОСТ 12.1.026-80 [54]:

- правильність проектування масивних фундаментів під віброактивне обладнання (дробарки та ін.) з урахуванням динамічних навантажень;
- застосування віброзатримуючих гнучких вставок на вихлопі з нагнітачів;
- застосування вібропоглинаючого резинового покриття; - звукоізоляція шумних машин кожухами.

Для створення оптимальних та безпечних умов праці необхідно здійснення:

- моніторингу атмосферного повітря в межах санітарно-захисної зони та надавання отриманих результатів до Департаменту агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів;
- моніторингу стану ґрунтів в межах санітарно-захисної зони;
- системи моніторингових спостережень за складом підземних вод по периметру майданчика з врахуванням потоку підземних вод; - замірів шуму на території санітарно-захисної зони.

Наразі встановлено можливі зони ризику, що базуються основі статистичних даних: незворушне оглядове вікно; ревізійний отвір в реакторі для мішалки; запобіжник гранично високого тиску; виведення повітря безпосередньо із газгольдера; пряма подача повітря в газгольдер.

Крім того, на деяких БГУ недовершена система пневмозасувок на барботажної станції, на яких є система зливу конденсату. Вона закрита «набатерфляй».

Отже, основними заходами для зменшення потенційного ризику аварій на біогазових установках виступає запобігання появі джерелу загоряння, недопущення

нерегульованих витоків метану і створення вибухонебезпечного середовища у всіх функціональних частинах біогазової установки.

Для розрахунку значень критеріїв за вибухопожежною та пожежною небезпекою біогазового комплексу використано ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [56].

Застосовані методи розрахунку значень критеріїв за вибухопожежною та пожежною небезпекою для горючих газів.

Під час розрахунку значень критеріїв за вибухопожежною та пожежною небезпекою метантенку як розрахунковий обрано найбільш несприятливий варіант аварії.

Горизонтальні розміри зони ( $R_{НКМП}$ ), які обмежують бласть концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я ( $C_{НКМП}$ ), обчислюємо за формулою:

$$R_{НКМП} = 14,5632 \cdot \left( \frac{m_{г}}{\rho_{г} \cdot C_{НКМП}} \right)^{0,333} \quad (7.1)$$

де  $m_{г}$ —маса горючого газу (метану), що потрапив до навколишнього простору під час розрахункової аварії, кг;

$\rho_{г}$ —густина горючого газу (метану) за розрахункової температури й атмосферного тиску, кг/м<sup>3</sup>;

$C_{НКМП}$ —нижня концентраційна межа поширення полум'я по газоповітряній суміші, % (об.). Для метану  $C_{НКМП} = 5,28$  % (об.)

Як розрахункову температуру  $t_{р}$  приймаємо максимально можливу температуру повітря в даному районі 50°C.

Масу горючого газу ( $m_{г}$ ) у кілограмах, що потрапив до навколишнього простору під час розрахункової аварії, визначаємо за формулою:

о

$$m_r = V_a \cdot \rho_r \quad (7.2)$$

де  $V_a$ —об'єм горючого газу (метану), що вийшов з апарата,  $m^3$ ;  $\rho_r$ —  
густина горючого газуза розрахункової температури  $t_r$ ,  $кг /m^3$ .  $\rho_r$ .  
визначаємо за формулою

$$\rho_r = \frac{M}{V_o \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)} \quad (7.3)$$

де  $M$ —молярна маса,  $кг/кмоль$ ;

$V_o$ —мольний об'єм, що дорівнює  $22,413 m^3/кмоль$ ;  $t_p$ —розрахункова  
температура,  $^{\circ}C$ ;

За початок відліку горизонтального розміру зони приймають зовнішні  
габаритні розміри апаратів, установок тощо.

### **6.3. Розрахунок надлишкового тиску під час згоряння сумішей горючих газів з повітрям у навколишньому просторі**

Величину розрахункового надлишкового тиску  $\Delta P$  у кілопаскалях, що  
розвивається уразі займання газоповітряних сумішей, визначаємо за формулою:

$$\Delta P = P_o \cdot \left( \frac{0,8 \cdot m_{np}^{0,33}}{r} + \frac{3 \cdot m_{np}^{0,66}}{r^2} + \frac{5 \cdot m_{np}^{0,66}}{r^3} \right) \quad (7.4)$$

де  $P_o$ —атмосферний тиск,  $кПа$  (допускається приймати таким, що дорівнює  
 $101,3 кПа$ );  $m_{np}$ —приведена маса горючого газу;  $r$ —відстань від геометричного центра  
зовнішньої установки до межі  
розрахункової зони(до розташованого поруч ферментера), $м$ ;

Приведену масу горючого газу обчислюємо за формулою:

$$m_{np} = \left( \frac{Q_{zg}}{Q_0} \right) \cdot m \cdot Z \quad (7.5)$$

де  $Q_{zg}$  – питома теплота згоряння горючого газу (метану), Дж·/кг;

$Z$  – коефіцієнт участі горючого газу, для метану  $Z=0,5$ ;  $Q_0$

-константа, що дорівнює  $4,52 \cdot 10^6$  Дж/кг;

$m$  – маса горючого газу (метану), який потрапив до навколишнього простору в результаті розрахункової аварії, кг.

Значення показників пожежної небезпеки метану:

-температура самозаймання– $537^\circ\text{C}$ ;

-нижня концентраційна межа поширення полум'я– $5,28\%$  (об.);

-питома теплота згоряння метану– $50 \cdot 10^6$  Дж/кг.

Результати розрахунку значень критеріїв за вибухопожежною та пожежною небезпекою для метану.

Горизонтальні розміри зони ( $R_{нкмп}$ ), які обмежують область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я ( $C_{нкмп}$ ).

Визначаємо густину горючого газу за максимальн можливої темературі в даному районі  $t_p=50^\circ\text{C}$ .

Густина горючого газу (метану) складає за формулою

$$\rho_z = \frac{16}{22,4 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 50)} = 0,603 \text{ кг} / \text{м}^3 \quad (\text{кг} / \text{м}^3) \quad (7.6)$$

Визначаємо масу горючого газу ( $m_r$ ) у кілограмах, що потрапив до навколишнього простору під час розрахункової аварії, за формулою

$$m_r = 3000 \cdot 0,603 = 180,9 \text{ кг} \quad (7.7)$$

о

Горизонтальні розміри зони ( $R_{НКМП}$ ), які обмежують область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я ( $C_{НКМП}$ ), обчислюємо за формулою

$$R_{НКМП} = 14,5632 \cdot \left( \frac{180,9}{0,603 \cdot 5,28} \right)^{0,333} = 56,м \quad (7.8)$$

Приведену масу метана обчислюємо за формулою

$$m_{np} = \left( \frac{50 \cdot 10^6}{4,52 \cdot 10^6} \right) \cdot 180,9 \cdot 0,5 = 1000,55кг \quad (7.9)$$

Величину розрахункового надлишкового тиску  $\Delta P$  визначаємо за формулою

$$\Delta P = 101,3 \cdot \left( \frac{0,8 \cdot 1000,55^{0,33}}{25} + \frac{3 \cdot 1000,55^{0,66}}{25^2} + \frac{5 \cdot 1000,55^{0,66}}{25^3} \right) = 36,7кПа \quad (7.10)$$

При надлишковому тиску 36,7 кПа можливе легке ураження людини (забиття, вивихи, тимчасова втрата слуху, загальна контузія) та середня ступінь руйнування розташованого поруч ферментера.

З метою запобігання утворення горючого середовища у ферментері необхідно:

- підтримання концентрації метану у суміші з повітрям за концентраційними межами поширення полум'я;
- підтримання в газових комунікаціях надлишкового тиску, що сприяє запобіганню підсмоктування зовнішнього повітря через нещільності (застосування трубопроводів факельних систем).



Забезпечення пожежної та вибухової безпеки біогазових установок. Пожежо- і вибухобезпечність біогазових комплексів найважливіший напрямком в сфері захисту людей та навколишнього середовища з огляду на тяжкі наслідки цих факторів для людини. З метою практичного відображення пожежної небезпеки та проведення пожежно-профілактичних заходів при виробництві біогазу обов'язково необхідно розроблювати пожежно-технічні карти.

В картах зазвичай представлено:

- схема отримання біогазу (норми технологічного режиму, пожежонебезпечні ділянки, зони ризику);
- схему розміщення приміщень, основного устаткування, обладнання, матеріалів. Виокремлюють найбільш небезпечні ділянки (із потенційною загрозою для життя людей), пожежне навантаження, кількість працівників, категорію за вбухопожежною і пожежною безпекою, зони класу за ПУЕ;
- характеристики пожежної небезпеки і заходів безпеки. Вказують пожежонебезпечні властивості речовин, що утворюються (аміак, сірководень, метан та ін.); умови утворення горючого середовища і джерел запалювання, небезпеку поширення пожежі. Для кожної передбачуваної небезпеки вказують ефективний існуючий захист або захист, який пропонується.

Метан, вміст якого в біогазі становить від 50% до 75% біогазу, володіє здатністю утворювати вибухонебезпечні суміші речовин у повітрі, і представляє високий рівень небезпеки для вибуху. Біогаз в суміші з повітрям в пропорції від 5% до 15% при наявності джерела запалення з температурою 600 ° С або більше може призвести до вибуху. Відкритий вогонь може становити небезпеку при концентраціях біогазу у навколишньому повітрі не менше 12%.

Безпека при створенні і експлуатації біогазових установок описані у ГОСТ Р 53790-2010 [3].

Розділ «Вимоги безпеки» містить положення про захист персоналу від ураження електричним струмом, вимоги по пожежній безпеці, вимоги до комунікацій, допроведення робіт на установках, а також методи перевірки обладнання і необхідні засоби захисту, які повинні знаходитися на установці.

Основні способи зниження ризику –це недопущення появиджерела загоряння і запобігання витокам метану і створеннявибухонебезпечного середовища. Визначаються наступні зони, в яких можливе виникнення вибухонебезпечних концентрацій метану: «0», «1», «2».

Ранішенами встановлено, що убіогазових установках газгольдер, система подачі повітря додвигуну, камера згоряння і, в особливих умовах експлуатації, самбіореактор належать зоні «0». Спеціальне небезпечний стан біореакторастворюється, коли повітря надходить всередину. При нормальних умовахексплуатації, невелике позитивне тиск перешкоджає проникненню повітря.

Зона «1»охоплює простору, де можливе досягнення вибухонебезпечної концентрації. В умовах хорошої вентиляції, зона 1 розташовується на відстані 1 м. Від частин установки, устаткування, з'єднань, оглядового скла, прокладок і отворів для обслуговування в біореакторі, але тільки за умови, що виток метану технічно неможливі.До зони «1»відноситься простір навколо кінців вихлопних труб і газових факелів. Закриті простори або ями, в яких міститься сировину для біореактора, також належать до зони «1». Для закритих просторів, радіус небезпечної зони визначається по колу 4,5 м.

Зона «2»-місця, де виникнення вибухонебезпечної концентрації малоймовірно, але якщо це відбувається, то тільки на короткий час. Зона «2»знаходиться в області 1-3 м від частин установки, таких як місця з'єднань, втулки, отвори для обслуговування

і розривні мембрани. Відкриті ями, замкнуті простору, що не мають вентиляції, де встановлені труби для передачі газу, відносяться до зони«2».

Електричні і механічні іскри можуть стати потенційними джерелами займання, також відкрите полум'я, гарячі поверхні і статичну електрику.

На основі статистичних даних встановлено можливі зони ризику на біогазових установках:

- ревізійний отвір в реакторі для мішалки;
- незворушне оглядове вікно;-запобіжник гранично високого тиску;
- виведення повітря з газгольдера; -подача повітря в газгольдер.

Крім того, на деяких БГУ недовершена система пневмозадвіжкна барботажной станції, на яких система зливу конденсату. Вона закрита "на батерфляй". В процесі експлуатації ущільнювачі можуть перестати виконувати свої функції і в разі відсутності конденсату в накопичувальній трубі біогаз може надходити в приміщення станції

#### **6.4. Висновки до розділу**

На основі аналізу досвіду по експлуатації біогазових установок, встановлено наслідки небезпечних факторів та можливі надзвичайні ситуації.

Встановлено, що найбільш небезпечними зонами на біогазових установках є зони що знаходяться близько реактора, в місцях відбору проб та огляду (ревізійне отвір, оглядове вікно, місце виведення повітря з газгольдера, подачі повітря в газгольдер) та ін.

Показано результати розрахунку значень критеріїв за вибухопожежною та пожежною безпекою для метану:

-розмір зони ( $R_{нкмп}$ ), які обмежують область концентрацій, що перевищують нижню концентраційну межу поширення полум'я ( $C_{нкмп}$ ), складає 56 м;

-надлишковий тиск під час згоряння сумішей метану з повітрям у навколишньому просторі складає 36,7 м. Представлено рекомендації виробництву:

-заходи з метою запобігання утворення горючого середовища в біореакторі;

-зміст пожежно-технічних карт.

## **РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Відомо, що найбільш раціональним способом утилізації осадів стічних вод (ОСВ) є їх включення до біологічного колообігу, до таких осадів і відносяться осади, що утворюються після очищення стічних вод дріжджового виробництва. Зокрема, перспективне застосування їх на добриво і як кондиціонера ґрунтів (за умови відповідності екологічним критеріям) або ж переробка з використанням біотехнологічних, фізичних та хімічних методів для одержання екологічно безпечних і повноцінних добрив (біокомпостів, удобрювальних композитів тощо).

Нині з урахуванням сучасних підходів до охорони довкілля створено нормативну базу для утилізації ОСВ. Для прийняття рішення про доцільність сільськогосподарської утилізації ОСВ необхідно володіти системною інформацією щодо комплексної оцінки їх придатності для упередження негативних наслідків. Поряд з іншими (агрохімічні, санітарно-гігієнічні, токсикологічні), важливими діагностичними показниками екологічної прийнятності ОСВ для утилізації у сільському господарстві є еколого-мікробіологічні дані (чисельність мікроорганізмів окремих еколого-трофічних груп, специфіка функціональної спрямованості мікробіоти, ступінь фітотоксичності тощо) [52].

Умовою ефективності функціонування очисних споруд являється оброблення та безпосереднє відділення осадів стічних вод загальної території очисних споруд в основі мети якої виступає екологічно безпечне використання або збереження осадів.

Хоча осади стічних вод, по специфікації прийнято відносити до класу мало небезпечних відходів (IV клас), наслідком їхнього тривалого зберігання зазвичай стає створення низки взаємопов'язаних проблем таких як екологічні, економічні і соціальні проблеми. Основними умовами експлуатації місць зберігання відходів осадів зазвичай нехтують. Заходи щодо раціонального поводження, такі як сортування та знешкодження осадів стічних вод досить часто не проводяться. Перебування осадів стічних вод на мулових майданчиках і в ставках зумовлює займання великої площі корисних родючих земель (253 тис. м<sup>2</sup>), які були виведені із сільськогосподарського користування для подальшого розміщення різних видів відходів очисних споруд, а також потребують постійного контролю екологічного моніторингу та контролю [53].

Посилаючись на літературні джерела [47], завищений вміст важких металів під час надходження до підземних вод, які відносять до категорії "незахищені", можна простежити в певних геологічних горизонтах (на глибині 5-6 м), суттєва частка підземних вод являє собою інфільтрат з певних мулових майданчиків. Особлива небезпека для поверхневих вод (які розташовані на відстані 0,05 км та 2 км від розміщення місць зберігання осадів стічних вод), під час неефективної роботи мулових майданчиків, означає потрапляння забруднюючих речовин з дренажними водами, що призводить до повного зниження ефективності функціонування очисних споруд. Під час довготривалого зберігання осадів стічних вод на мулових майданчиках і ставках, у результаті процесів анаеробної дії мікроорганізмів, відбувається емісія біогазу і забруднення атмосфери [46].

Термін функціонування місць осадів стічних вод, передбачений на 30 років, давно зтік, більшість мулових майданчиків і ставків розроблялись ще в 1972 році. Більшість мулових майданчиків і ставків стосовно заповнення підходить до критичної межі своїх проектних передбачуваних потужностей, і вимагають нових об'єктів для розміщення осадів [46].

Складання осадів стічних вод на фактично малій відстані від сільськогосподарських угідь і житлових масивів на відстані 2 км, створює сприятливі умови для недозволеного використання їх в якості добрива, що призводить до забруднення більшої кількості площ орних земель. Осади стічних вод являються комфортним бактеріологічним середовищем для розмноження всіляких паразитарних організмів (яйця та личинки гельмінтів, цисти кишкових найпростіших), а бродячі тварини і птахи, які в переважній більшості являються переносниками небезпечних інфекцій (токсокароз), зумовлюють епідеміологічні несприятливі ситуації [48].

Використовувані на каналізаційних очисних спорудах механічні та фізичні методи очистки осадів стічних вод, такі як аеробна стабілізація, мулові майданчики і мулові ставки несуть за собою низку економічно недоцільних витрат, енергоємні, вимагають великих витрат праці і матеріальних засобів, і не завжди забезпечують екологічну безпеку.

Літературні джерела [48] висвітлюють позитивну властивість використання осадів стічних вод у ролі нестандартних добрив для ґрунтів, але існує перелік вимог, що регулює повторне використання осадів стічних вод в представлений галузі. Основними перепонами при подальшому використанні осадів стічних вод у ролі добрива виступає їх невідповідність до встановлених санітарно-гігієнічних показників (вміст патогенної мікрофлори, яєць гельмінтів) і токсичні параметри (вміст важких металів) [49].

Дослідження якісного та кількісного складу осадів стічних вод дріжджового виробництва дає змогу виокремити висновок, що для їх утилізації потрібно обрати доцільну технологію переробки, використання якої дозволить прибрати обмеження для повторного використання осадів стічних вод та отримати якісне добриво для ґрунтів.

Каналізаційний осад очисних споруд дріжджових заводів має високі агробіологічні властивості. Середній хімічний склад зброджених опадів з активним мулом (після очищення стічних вод) в відсотках на суху речовину становить:

- азот загальний (N) - 3,96;
- азот нестабільний (NO<sub>3</sub>) - 0,70;
- фосфор нестабільний (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) -3,70;
- калій (K<sub>2</sub>O) - 0,18;
- кальцій (Ca) - 3,29.

Вміст органічних речовин, солей, макро- і мікроелементів в мулових опадах очисних споруд винзаводу становить:

- органічні речовини, % ..... 37,7;
- мінеральні речовини,% ..... 53,7;
- азот загальний,% ..... 2,58;
- фосфор загальний,% ..... 1,3;
- гігроскопічна волога,% ..... 8,6;
- калій, мг / 100 г ґрунту ..... 62,3;
- фосфор, мг / 100 г ґрунту ..... 9,9;
- титан, мг / 1 кг ґрунту ..... 17,01;
- мідь, мг / 1 кг ґрунту ..... 459;
- марганець, мг / 1 кг ґрунту ..... 360;
- хром, мг / 1 кг ґрунту ..... 296; 54
- бор, мг / 1 кг ґрунту ..... 196;

- нікель, мг / 1 кг ґрунту ..... 106;
- кобальт, мг / 1 кг ґрунту ..... 135;
- молібден, мг / 1 кг ґрунту ..... 178;
- цинк, мг / 1 кг ґрунту ..... 2800-3400;
- свинець, мг / 1 кг ґрунту ..... 160-230;
- стронцій, мг / 1 кг ґрунту ..... 160-230.

При використанні у сучасній агротехніці без суттєвого покращення властивостей мулу з такими хапактеристиками, розвиток рослин не покращиться.

Покращити характерні властивості мулу рекомендують процесом його компостування на протязі 5 тижнів з рослинними залишками. Це призведе до ефективного застосовування активного мулу для біологічної рекультивації ґрунтів. Застосування на дріжджовому заводі біологічного очищення промислових стічних вод дозволить підприємству направляти чисту воду після очисних споруд в озера, або доочищати її в аеробних і анаеробних умовах, а також використовувати для технологічних і технічних цілей

Видалений з вторинних відстійників, активний мул характеризується високою вологістю. Його концентрація складає 4 – 8 кг/м<sup>3</sup> сухої речовини. Для проходження наступних технологічних процесів переробки, його концентрацію потрібно довести до 30 – 60 кг/м<sup>3</sup> . Необхідним також є стабілізація осадів для упередження їх загнивання та усунення неприємних запахів. основне обладнання для ущільнення, згущення і стабілізації осадів наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Основне обладнання для ущільнення, згущення і стабілізації осадів СВ  
дріжджового виробництва

Обладнання	Принцип дії	Технічні характеристики
------------	-------------	-------------------------



Аеробні стабілізатори	Відкриті ємності подібні до аеротенків. Частина органічної речовини осадів окиснюється в результаті аеробних біохімічних процесів.	Розпад органічної речовини не перевищує 20 – 25%. Значне енергоспоживання (0,5 від споживання на повне біологічне очищення).
Метантенки	Частина органічної речовини розкладається до суміші метану і вуглекислого газу в результаті анаеробного біохімічного процесу.	Розпад органічної речовини до 40-48%. Вихід біогазу біля 0,9 м <sup>3</sup> на 1 тону органічної речовини, що розклалася (вміст метану біля 60%). Низькі затрати електроенергії. Затрати теплової енергії на підігрівання (термофільний процес)– 160·10 <sup>6</sup> Дж/м <sup>3</sup> . Затрати можуть бути знижені на 15-20% за рахунок рекуперації

Для подальшої утилізації осадів необхідним є їх знезараження, а саме знищення бактерій групи кишкової палички, патогенних мікроорганізмів, гельмінтів. основне обладнання для знезараження наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Основне обладнання для знезараження осадів СВ дріжджового виробництва

Обладнання	Принцип роботи	Технічні характеристики
обладнання для реагентного знезараження		

Система дозування реагентів	Дозування з використанням ємкості для розчинення реагента і дозувального насоса.	Під час використання реагентів інгібіторів/стимуляторів забезпечується тільки дезінвазія осадів.
обладнання для термічного знезаражування		
Установка теплового знезаражування	Нагрівання та витримання осадів за температури 65-70 °С не менше 30 хв. з використанням теплообмінників нагрівання і рекуперації (у випадку нагрівання гарячою водою), чи тільки рекуперації (у випадку нагрівання подаванням пари), або оброблення осадів безпосередньо парою чи інфрачервоним опромінюванням.	Забезпечується повне знезаражування осадів.

Для багатьох способів подальшої утилізації осадів необхідним також є подальше видалення вологи до її остаточного вмісту 70-85%. основне обладнання для зневоднення осадів наведено в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3

Основне обладнання для зневоднення осадів СВ

Обладнання	Принцип роботи
------------	----------------

Апарати механічного зневоднення	Осади оброблюють реагентами (переважно флокулянтами). У результаті порушення колоїдної структури осаду виділяється вільна вода, котру відділяють у фільтрпресах, шнекових пресах чи центрифугах.
Мулові майданчики	Рідкий осад виливають на бетонні або земляні карти, обладнані дренажною системою. Після відведення дренажних вод осад висихає або виморожується під впливом кліматичних факторів. Після попереднього оброблення осадів катіонним флокулянтом відділення мулової води і подальше висихання відбувається у кілька разів швидше

Для виробництва гумусових ґрунтів зневоднених на мулових майданчиках чи механічно осад змішують з неродючим ґрунтом, торфом, іншими домішками. отриману суміш пропускають через віброгрохот для видалення небажаних крупних домішок. Спалювання осадів проводять для максимального зменшення його об'єму. Процес здійснюють переважно в установках з псевдозрідженим шаром піску. Псевдозрідження здійснюється повітрям, що подається у зону горіння, осад змішується з піском, вода швидко випаровується, органічна речовина окиснюється. У верхній частині печі, над псевдозрідженим шаром, відбувається доокиснення у газовій фазі [50]. Усереднені дані щодо витрати сировини, матеріалів та енергоресурсів на комунальних КОС наведено в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4

Основне обладнання для зневоднення осадів СВ дріжджового виробництва

№ з/п	Назва	одиниці вимірюв	Витрати на 1 м3 очищених СВ
1	Реагенти для видалення фосфору		
	-на основі заліза	кг	0 – 0,015
	-на основі алюмінію		0 – 0,08
2	Реагенти для зневоднення осаду		
	-- органічні поліелектроліти (флокулянти) (III)	кг	0,0005 – 0,002
	- хлорид заліза		0,007 – 0,018
	- гашене вапно Ca(OH <sub>2</sub> )		0,03 – 0,1
3	Завантаження (пісок) для фільтрів доочищення		
4	Енергоресурси		
	- електроенергія	кВт·год	0,15 – 1,0
	- паливо, або тепла енергія	кг умовн. Палива	0,01 – 0,07

Підхід до процесів очищення СВ та обробки осадів, який ставить за мету мінімізацію об'ємів різних відходів, що потрібно утилізувати, є застарілим.

Сучасний підхід має базуватися на розгляданні процесів очищення як потенційного джерела отримання нетрадиційних джерел енергії та інших економічно цінних ресурсів. За такого підходу, чим більше складових виділено зі СВ під час її очищення (органічні речовини, азот, фосфор тощо), тим більше можна отримувати енергоносіїв та інших товарних продуктів, використовуючи виділені складові як сировину. Через те, що процеси видалення фосфору та денітрифікації потребують споживання органічних речовин, на КОС з наявними метантенками відбувається

конкурування між цими процесами та енергогенеруючими процесами (метанове бродіння) за утилізацію органічних сполук.

Технологічний рівень сучасних процесів водовідведення з очищенням СВ повинен оцінюватися перш за все рівнем ефективності отримання енергії із СВ за умови забезпечення незмінно високого рівня їх очищення [54].

## ВИСНОВКИ

Підприємства дріжджової промисловості характеризується значним скидом стічних вод, утворенням осадів, які значно збільшують вміст органічних речовин у водоймах. На нинішньому етапі розвитку хлібопекарської галузі об'ємів відходів зростає по мірі зростання обсягів виробництва, тому актуальним завданням є раціоналізація та вдосконалення систем переробки відходів. За результатами досліджень зроблені наступні висновки та рекомендації

1. У технологічному процесі виробництва дріжджів утворюються середньо- та висококонцентровані стічні води, забруднені органічними та неорганічними забруднювачами. Антропогенний вплив дріжджових відходів спричинений як якісним складом, так і кількісною характеристикою, оскільки хімічна потреба у кисні стічних вод становить 2000-14000 мг/л, а кількість відходів сягає 17 м<sup>3</sup> на добу.

2. Аналіз сучасних методів очищення стічних вод дріжджових заводів показав, що застосування уніфікованих біологічних методів очищення стоків не дає надійних результатів. Актуальним завданням є очищення стоків до нормативних значення, при яких можливий їх скид в каналізаційну мережу.

3. Перспективи вдосконалення та розвитку дріжджових виробництв пов'язані з запровадженням комбінованих методів очищення стічних вод, одним з яких є запропонований у роботі метод із застосуванням електричного поля та магнітних пристроїв.

4. Запропоновано технологію очищення стічних вод дріжджових заводів.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Голубев В.И., Звягинцева И.С. Дрожжи в окружающей среде человека // Микробиология, 1996. – №6. – С. 25-28.
2. Боборенко Э.А. Получение и выделение дрожжей. – М. : Лесная промышленность, 1970. – 300с.
3. Аргунов С.В., Глазунов А.В., Капутьцевич Г.Д. особенности роста дрожжей // Биотехнология, 1993. – №5. – С. 22-25.
4. Компанія Ензим [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.enzym.lviv.ua/page/ua/company/>.
5. Дріжджі [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.enzym.lviv.ua/page/ua/yeasts/>.
6. Якість продукції ЗАТ «Ензим» [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.enzym.lviv.ua/page/ua/yakist/>.
7. Бери Д. Биология дрожжей. – М. : Пищевая промышленность, 1971. – 120 с.
8. Бочарова Н.Н. Микрофлора дрожжевого производства. – М. : Мир, 1995. – 231с.
9. Косиков А.В. Генетические методы селекции дрожжей. – М.: Наука, 1979-35с.
10. Голубев В.И. Рендентификация штаммов дрожжей // Биотехнология, 1999. – №6. – С.3-6.
11. Тулякова Т.Т. Пасхин В.Ю. Стабилизация биотехнологических характеристик сред, при производстве сухих дрожжей // Пищевая промышленность, 2005. – №9. – С.80-82.

12. Бакланов А.А. Формирование «Пирамиды вкуса» с использованием дрожжевых экстрактов // Пищевая промышленность, 2006. – №3. – С.52.
13. Плевако Е.А. Технология дрожжей – М. : Пищевая промышленность, 1999. – 240 с.
14. Харчова промисловість у 2008 році (панорама). Новини Департаменту харчової промисловості. Міністерство аграрної промисловості України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http:// www. Miangro.gov.ua](http://www.Miangro.gov.ua).
15. Красінько В.О., Тетеріна С.М., Скокун Т.М. Хляхи інтенсифікації очищення стічних вод харчових виробництв від азотовмісних сполук та сапонінів.
16. Канализация населенні мест і промшленніх підприємств. – 2-е узд., перераб. И доп. / Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др. / Под общ. Редю В.Н. Самохина. – М. : Стройиздат, 1981 – 639 с.
17. Вода и сточные воды пищевой промышленности : Пер. с польск. под ред. В.М. Каца. – М. : Пищевая Пром-сть, 1972. – 383 с.
18. Ковальчук В.А. Очистка сточных вод пищевых предприятий // Материали І междунар. симпозиума «Водное и коммунальное хозяйство Украины – пути решения проблем». – Ровно : НУВХП, 2005. – С. 10-28.
19. Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности [Електронний ресурс] – Режим доступу : [http://www.sergey-osetrov.narod.ru/Documents/Waste\\_from\\_food\\_ind\\_plant.htm](http://www.sergey-osetrov.narod.ru/Documents/Waste_from_food_ind_plant.htm).
20. Ковальчук В.А. Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности // Метериали IV междунар. конф. «Сотрудничество для решения проблемы отходов». – Харьков, 2007. – С. 248-252.
21. СНиП 2.04.03.–85.Канализация.Наружніе сети и сооружения–М.,1986.–72с.



22. С. Нечиталюк, Н. Левітіна, О. Мірошников, А. Шевченко. Очищення концентрованих стічних вод. – Український державний університет харчової технології. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://af.attachmail.ru/cgi-bin/readmsg/tmp856e.pdf?rid=101555825810672328796629244491552130756&file=tmp856e.pdf&id=14002730290000000272;0;2&mode=attachment&channel=&bs=598386&bl=73348&ct=application/pdf&cn=tmp856e.pdf>.
23. Очищення стічних вод дріжджових заводів / Ю. Каранов, М. Кошель, Б. Добриловський, С. Башмакова // Харчова і переробна промисловість. – 2000. - № 7. – С. 22-23.
24. Компанія Ензим запустила в роботу анаеробну станцію очистки стічних вод [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.biowatt.com.ua/novosti/kompaniya-enzim-zapustila-v-robotu-anaerobnustantsiyu-ochistki-stichnih-vod/>.
25. Продукція ЗАТ «Ензим» [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://www.enzym.lviv.ua/page/ua/products5/>.
26. Очищення стічних вод дріжджових заводів / Ю. Каранов, М. Кошель, Б. Добриловський, С. Башмакова [Текст] // Харчова і переробна промисловість. – 2000. - № 7. – С. 22-23.
27. Карелин Я.А., Репин Б.И. Биохимическая очистка сточных вод пищевой промышленности. – М. : Пищевая промышленность, 1974 – 164 с.
28. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. – М. : Наука, 1977. – 356 с.
29. Запольський А.К., Баран А.А. Коагулянти и флокулянти в процессах очистки воды. – Л. : Химия, 1989.-340 с.
30. Горленко В.М., Дубинина Г.А., Кузнецов С.Л. Экология водных организмов. – М. : Наука, 1977. – 288 с.
31. Бирюков В.В. основы промышленной биотехнологии [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. завед. / В.В. Бирюков. – М. : Колос, 2004. – 296 с.

32. Биологическая очистка производственных сточных вод. Процессы, аппараты и сооружения / С.В. Яковлев, И.В. Скирдов, В.Н. Швецов и др. ; Под ред. С.В. Яковлева. – М. : Стройиздат, 1985. – 208 с.
33. Быков А.В., Касперович В.Л., Зинюхин Г.Б. Разработка эффективного способа очистки сточных вод дрожжевых и хлебопкарных предприятий [Текст] // Весник ОГУ. – 2004. – № 1. – С. 116-119.
34. Швед О.В., Миколів О.Б., Комаровська-Порохнявець О.З., Новіков В.П. Екологічна біотехнологія : Навч. посібник: у 2 кн. – Львів : "Львівська політехніка", 2010. – 267 с.
35. Кузнецов А.Е., Градова Н.Б. Научные основы экобиотехнологии : Учеб. пособие. – М. : Мир, 2006. – 312 с.
36. Чуйко Л.С. Основы екологічної біотехнології : Конспект лекцій. – Львів, 1998. – 178 с.
37. Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности / С.М.Шифрин, Г.В.Иванов, Б.Г.Мишуков, Ю.А.Феофанов. – М. : Лег. и пищ. промышленность, 1981. – 272 с.
38. Полищук Н.И. Водопользование на предприятиях пищевой промышленности. – М. : Агропромиздат, 1989. – 127 с.
39. Perle M., Kimchie S., Shelef G. Dinamic modeling of the pH influence of the anaerobic degradation of dairy waste-water // Water Research. – 1995. – V.29, №6. – P. 1549-1554.
40. Надысев В.С. Очистка сточных вод предприятий масложировой промышленности. – М. : Пищевая пром-сть, 1976. – 183 с.
41. Вода и сточные воды пищевой промышленности : Пер. с польск. под ред. В.М. Каца. – М. : Пищевая пром-сть, 1972. – 383 с.

42. S.Judd, C.Judd. The MBR book: principles and applications of membrane bioreactors in water and wastewater treatment. – 2006. – 325 p.
43. Біотехнологія в екології : навч. посібник / А.І. Горова, С.М. Лисицький, А.В. Павличенко, Т.В. Скворцова. – Д. : Національний гірничий університет, 2012. – 184с.
44. Манаков М.Н. Биотехнология и промышленная экология. – М. : МХТИ, 1985.
45. Очистка сточных вод (Сборник статей под ред. Д. А. Сивцева)– М. : Изд. МГУ, 1999.–187 с.
46. Біотехнологія в екології : навч. посібник / А.І. Горова, С.М. Лисецька, А.В. Павличенко, Т.В. Скворцова. – Д. : Національний гірничий університет, 2012.– 184 с.
47. Гарин В. М., Клёнова И. А., Колесников В. И. Экология для технических вузов Серия «Высшее образование». Под ред. В. М. Гарина. Ростов. : Феникс, 2003. – 384 с.
48. Канализационные очистные сооружения [Электронный ресурс] - Режим доступа. - URL : [www.biotokos.ru](http://www.biotokos.ru).
49. В. Дубровін, М. Корчемний, І. Масло і ін. Біопалива (технології, машини і обладнання) К.: ЦТІ „Енергетика і електрифікація”, 2006. – 256 с.
50. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з "Біотехнології" для студентів із спеціальності 7.130201 - зооінженерія / В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, О.М. Мельниченко, С.В. Мерзлов, В.М. Харчишин, Т.М. Писарук - Біла Церква, 2003. - 18 с.
51. В. Баадер, Е. Донс, М. Брендерфер Биогаз. Теория и практика. Перевод с немецкого М.И. Серебряного, М., 2006.
52. Экологическая биотехнология: Пер. с англ./ Под редакцией К.Ф. Форстера,

Д.А. Дж. Вейза.-Л.: Химия, 2010.-383 с.

53. Технология использования биомассы в биогазовых установках // Т. Амон, Б. Амон, В. Дубровин и др. // Зб.наук. праць НАУ. – 2003. - №60. – С.18.

54. Недригайлов В.А. Охрана труда, ремонт и обслуживание сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1986. – 320 с.

55. Мірус О. Л. основи охорони праці і підрозділах МНС України: навч. посібник / О . Л. Мірус, В. А. Батлук, Б . О. Білінський, В. В. Ковалишин. – Львів: Афіша, 2011. – 510 с.

56. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою Київ, 2016.