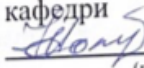


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

До захисту допущено: Завідувач
кафедри

(підпис) Наталія ГОЛУБ
« 6 » червня 2024р.

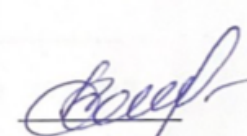
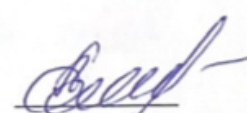
Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»
спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»
на тему: «Біологічне очищення стічних вод міста Рівне та молокопереробного
заводу»

Виконала:
студентка IV курсу, групи БМ-01
Самченко Катерина Юріївна

Керівник:
проф., д.т.н, проф.,
Саблій Лариса Андріївна

Консультант з проектування:
проф., д.т.н, проф.,
Саблій Лариса Андріївна

Рецензент:
асистент кафедри промислової
біотехнології та біофармації,
Піць Вадим Вікторович



Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студентка  _____

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Біотехнології»



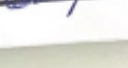
Директор ТОВ «ОСТВА»
Віктор ЛУЦИК
(ім'я, прізвище)
« 15 » квітня 2024 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Наталія ГОЛУБ
(ім'я, прізвище)
« 15 » квітня 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студентці
Самченко Катерині Юріївні

- Тема проекту:** «Біологічне очищення стічних вод міста Рівне та молокопереробного заводу», керівник проекту д.т.н., професор Саблій Лариса Андріївна затверджені наказом по університету від «27» травня 2024 р. № 2117-с
- Термін подання студентом проекту:** 6 травня 2024 року
- Вихідні дані до проекту:** стічні води молокопереробного заводу; середня витрата стічних вод молокопереробного заводу – 1800 м³/добу; середня витрата стічних вод міста Рівне – 92200 м³/добу; гранично-допустимі концентрації забруднень стічних вод міста Рівне при скиді в річку Горинь згідно із затвердженими вимогами.

				КББЕ.БМ0114.ДП			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арх.	Аркуші
Розроб.		Самченко К.Ю				2	
Перевір.		Саблій Л.А					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд		Саблій Л.А.					

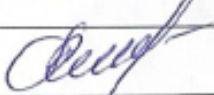
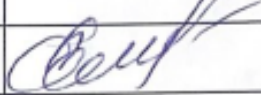
Завдання

КПІ ім. Ігоря Сікорського,
ФБТ

4. **Зміст пояснювальної записки:** Вступ; Розділ 1. Обґрунтування вибору технології та загальна характеристика водовідведення на молокопереробних підприємствах; Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та загальна характеристика очищення стічних вод міста Рівне; Розділ 3. Технологічні розрахунки процесу очищення та очисних споруд; Розділ 4. Опис технологічної схеми біологічного очищення стічних вод міста Рівне; Розділ 5. Опис аеротенка з рухомим шаром носія; Розділ 6. Охорона праці та довкілля; Висновки.

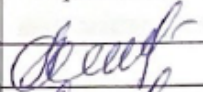

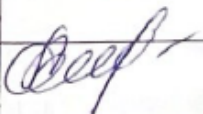
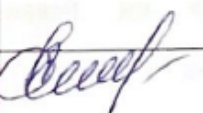
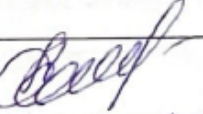
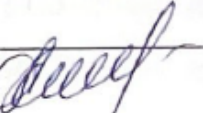
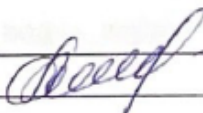
5. **Перелік графічного матеріалу:** технологічна схема біологічної технології очищення стічних вод міста Рівне (А1); апаратурна схема біологічної технології очищення стічних вод міста Рівне (А1); креслення аеротенка (А1).

6. **Консультанти розділів проекту:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Графічна частина дипломного проекту	д.т.н., проф. Саблій Л.А.		

7. **Дата видачі завдання:** 15 квітня 2024 року

Календарний план


№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Вступ	19.04.2024	
2	Обґрунтування вибору технології та загальна характеристика водовідведення на молокопереробних підприємствах	30.04.2024	
3	Розділ 2. Обґрунтування вибору технології та загальна характеристика очищення стічних вод міста Рівне	01.05.2024	
4	Розділ 3. Технологічні розрахунки процесу очищення та очисних споруд	07.05.2024	
5	Розділ 4. Опис технологічної схеми біологічного очищення стічних вод міста Рівне	14.05.2024	
6	Розділ 5. Опис аеротенка з рухомим шаром носія Розділ 6. Охорона праці та довкілля	20.05.2024	
7	Висновки	28.05.2024	

Студент


(підпис)

Катерина САМЧЕНКО

Керівник проєкту


(підпис)

Лариса САБЛІЙ

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 93 с., 8 рис., 12 табл.

В дипломному проєкті приведено характеристику стічних вод міста Рівне та молокопереробного заводу. Проведено пошук та вибір ефективної технології очищення стічних вод молокопереробного заводу з доведенням показників забруднень до значень дозволених для скиду в систему водовідведення міста Рівне.

Обґрунтовано та обрано ефективну технологію очищення стічних вод міста Рівне та локально очищених стічних вод молокопереробного заводу з доведенням показників забруднень до значень дозволених для скиду в річку Прип'ять. В технології біологічного очищення застосовано іммобілізовані на носіях мікроорганізми для збільшення біомаси мікроорганізмів в одиниці об'єму аеротенка та підвищення ступеня очищення міських стічних вод від сполук азоту. Для даної технології створено технологічну та апаратурну схеми. Розглянуто склад і властивості біологічного агенту у аеротенку з рухомим шаром іммобілізованого носія К1. Проведено розрахунки необхідного ступеня очищення стічних вод та розрахунок споруд біологічного очищення. На підставі порахованих параметрів виконано креслення споруди біологічного очищення стічних вод – аеротенку з рухомим шаром іммобілізованого носія К1.

Розраховано матеріальний баланс, вказано параметри контролю та описано заходи з охорони праці і охорони довкілля.

СТІЧНІ ВОДИ, БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ, СТІЧНІ ВОДИ
МОЛОКОПЕРЕРОБНОГО ЗАВОДУ, АНАЕРОБНЕ ОЧИЩЕННЯ,
ГРАНУЛЬОВАНИЙ МУЛ, НОСІЇ ІММОБІЛІЗОВАНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ.

ABSTRACT

Explanatory note: 93 p., 8 figures, 12 tables.

The thesis project characterizes the wastewater of the city of Rivne and a dairy processing plant. A search and selection of an effective technology for wastewater treatment of a dairy processing plant was carried out, bringing the pollution indicators to the values allowed for discharge into the wastewater system of the city of Rivne.

An effective technology for the treatment of wastewater from the city of Rivne and locally treated wastewater from a dairy processing plant was substantiated and selected, bringing the pollution indicators to the values allowed for discharge into the Pripyat River. The biological treatment technology uses microorganisms immobilized on carriers to increase the biomass of microorganisms per unit volume of the aeration tank and increase the degree of municipal wastewater treatment from nitrogen compounds. The technological and hardware schemes for this technology were created. The composition and properties of the biological agent in the aeration tank with a moving layer of immobilized carrier K1 are considered. Calculations of the required degree of wastewater treatment and calculation of biological treatment facilities were carried out. Based on the calculated parameters, a drawing of a biological wastewater treatment facility - an aeration tank with a moving layer of immobilized media K1 - was made.

The material balance is calculated, control parameters are indicated, and labor and environmental protection measures are described.

WASTEWATER, BIOLOGICAL TREATMENT, WASTEWATER FROM A MILK PROCESSING PLANT, ANAEROBIC TREATMENT, GRANULAR SLUDGE, CARRIERS OF IMMOBILIZED MICROORGANISMS.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ, ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ	11
1.1. Загальна характеристика стічних вод молокопереробної промисловості.....	11
1.2 Джерела виникнення стічних вод на молокопереробному заводі.....	12
1.3 Склад стічних вод молокопереробних заводів.....	14
1.4 Обґрунтування та вибір технології очищення стічних вод молокозаводу.....	16
1.4.1 Попереднє очищення стічних вод молокопереробного заводу	17
1.4.1.1 Застосування методів напірної флотації для попереднього очищення стічних вод молокозаводів	18
1.4.1.2 Застосування методів безнапірної флотації для попереднього очищення стічних вод молокозаводів	20
1.4.1.3 Застосування методів електрофлотації та електрокоагуляції-флотації для попереднього очищення стічних вод молокозаводів	21
1.4.2. Біологічні методи очищення стічних вод молокозаводів.....	23
1.4.2.1. Аеробне очищення СВ молокопереробного заводу.....	23
1.4.2.2. Анаеробне очищення стічних вод молокопереробного заводу	23
1.4.2.3. Послідовне використання анаеробного та аеробного біологічного очищення стічних вод	26
1.5 Обґрунтування та вибір технології очистки стічних вод молокопереробного заводу.....	26
1.6 Характеристика біологічного агента на анаеробній стадії очищення висококонцентрованих стічних вод	32
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД МІСТА РІВНЕ, ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ	34
2.1. Характеристика стічних вод міста Рівне.....	34
2.2. Аналіз проблеми підвищення ефективності біологічного очищення стічних вод шляхом використання іммобілізованих на носіях мікроорганізмів	37
2.2.1. Типи носіїв, що використовуються у IFAS.....	37
2.2.2. Економічне обґрунтування вибору IFAS.....	39
2.2.3. Біоплівкові реактори з рухомим шаром носія - MBBR	39
2.2.4. Приклади використання MBBR для очищення стічних вод.....	40
2.2.5. Переваги технології MBBR.....	41
2.2.6. Пластикові носії MBBR.....	42
2.2.7. Проектування реакторів з рухомими носіями	43

<i>КББЕ.БМ0114.ПЗ</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Самченко К.Ю.</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Саблій Л.А.</i>		
<i>Реценз.</i>				
<i>Н. Контр.</i>				
<i>Затверд</i>				
<i>ЗМІСТ</i>				
		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		7	7	93
<i>КПІ ім. І. Сікорського ФБТ</i>				

2.3. Обґрунтування та вибір технології очищення СВ міста Рівне та молокопереробного заводу	44
2.4. Характеристика біологічного агенту аеробного очищення стічних вод	46
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТА ОЧИСНИХ СПОРУД	49
3.1 Розрахунок витрат стічних вод	49
3.2. Розрахункові концентрації забруднюючих речовин стічних вод.....	50
3.3 Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод.....	51
3.3.1. Розрахунковий коефіцієнт змішування стічних вод з водою річки Прип'ять	52
3.3.2. Необхідний ступінь очищення стічних вод.....	53
3.4 Розрахунки очисних споруд.....	55
3.4.1. Розрахунок первинних відстійників.....	55
3.4.2 Розрахунок аеротенків	58
3.4.3 Розрахунок вторинних відстійників.....	63
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	65
4.1 Матеріали та сировина технологічної схеми біологічного очищення стічних вод міста Рівне та молокопереробного заводу	65
.....	66
4.2. Опис технологічної схеми очистки стічних вод міста Рівне та молокопереробного заводу	67
4.3 Контроль очищення стічних вод міста Рівне та молокопереробного заводу.....	71
4.4 Матеріальний баланс	75
РОЗДІЛ 5. ОПИС АЕРОТЕНКА З РУХОМИМ ШАРОМ НОСІЯ	77
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ НА СТАНЦІЯХ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	79
ВИСНОВКИ.....	82
Перелік джерел літератури.....	84
ДОДАТКИ.....	88

ВСТУП

У сучасному суспільстві все більшого значення на міжнародному, національному та регіональному рівнях набуває концепція сталого розвитку, яка об'єднує економічні, соціальні та екологічні аспекти. Виникнення цієї концепції викликане нагальною потребою вирішення екологічних проблем та інтеграції екологічних міркувань у процеси планування і прийняття рішень щодо соціально-економічного розвитку країн, регіонів і міст. Особливо важливим елементом у цьому контексті є очищення стічних вод міст і промислових підприємств. Ефективне очищення стічних вод має критичне значення для збереження довкілля, охорони здоров'я населення та підтримки екосистем. Воно сприяє поліпшенню якості водних ресурсів і є необхідною умовою сталого розвитку, без якого неможливо досягти економічного зростання та соціального благополуччя [1].

Останнім часом зростає навантаження на природні водойми в результаті надходження зі стічними водами сполук азоту, що спричинює цвітіння та евтрофікацію водойм, погіршення якості води в них, зростаючий вплив на гідробіоти, зниження вмісту кисню тощо. Тому зусилля вчених спрямовані на розробку технологій очищення стічних вод від сполук азоту, проблема видалення якого залишається надзвичайно актуальною.

Роботу виконано за замовленням проектної організації – ТОВ «ОСТВА».

Метою дипломного проекту є вибір та проектування технології біологічного очищення стічних вод молокопереробного заводу та міста Рівне з використанням аеротенка з рухомим шаром носія іммобілізованих мікроорганізмів, яка забезпечить отримання очищеної води у відповідності з нормами скиду у річку Прип'ять.

					<i>КББЕ.БМ0114.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Самченко К.Ю.</i>				<i>ВСТУП</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Саблій Л.А.</i>						9	93
<i>Реценз.</i>						<i>КПІ ім. І. Сікорського ФБТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд</i>								

Завдання курсового проєкту:

- Визначити характеристики стічних вод молокопереробного заводу та міста Рівне;
- Розрахувати необхідний ступінь очистки стічних вод для можливості їх скидання у річку Прип'ять;
- Провести аналіз і підбір найбільш економічно доцільної та ефективної технології попереднього очищення стічних вод молокопереробного заводу;
- Обґрунтувати та вибрати технологію біологічного очищення стічних вод міста Рівне, враховуючи підвищення ступеня очищення стічних вод від сполук азоту;
- Описати біологічний агент на стадіях анаеробного очищення стічних вод – гранульований мул, та аеробного очищення стічних вод – активний мул та іммобілізовані на носіях мікроорганізми;
- Розрахувати очисні споруди: первинні відстійники, аеротенки та систему аерації, вторинні відстійники;
- Скласти і накреслити технологічну та апаратурну схеми, а також виконати креслення споруди - аеротенка з рухомим шаром носія іммобілізованих мікроорганізмів;
- Навести вимоги щодо охорони праці та техніки безпеки.

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ, ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ

1.1. Загальна характеристика стічних вод молокопереробної промисловості

Молочна промисловість є одним з основних джерел утворення значних об'ємів сильнозабруднених промислових стічних вод в Європі. Цей сектор базується на переробці та виробництві сирого молока в такі продукти, як йогурт, морозиво, масло, сир та різні види десертів за допомогою різних процесів, таких як пастеризація, коагуляція, фільтрація, центрифугування, охолодження [2].

Підприємства молочної галузі, такі як молокозаводи, сирзаводи та маслозаводи, використовують чисту воду для своїх технологічних процесів. Проте, в процесі використання ця вода забруднюється різноманітними речовинами, переважно органічного походження [3].

Стічні води виробництва молокопродуктів складають 85-90% від загального обсягу відходів підприємств молочної промисловості. У цих стічних водах наявні молоко та молочні продукти (такі як частинки сиру, масла, кисломолочні продукти, наповнювачі йогуртів, морозива, сухе молоко), розчинені органічні речовини (такі як молочні жири, білки, цукор, синтетичні поверхнево-активні речовини) та неорганічні компоненти (такі як сода, сіль харчова, соляна і сірчана кислоти). Також у стічних водах можуть бути присутні сторонні предмети (такі як скло, фольга, пісок) та різні хімічні сполуки, такі як азотвмісні і фосфоровмісні сполуки, сіль калію, марганець, вітаміни та ферменти [3].

Зазвичай, свіжа стічна вода, що надходить з молокозаводу, має нейтральний або слабко лужний рН, проте внаслідок зброджування молочного цукру рН стає кислим. Такі стічні води мають мутний білий або жовтуватий колір [3].

					<i>КББЕ.БМ0114.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ, ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Самченко К.Ю.</i>						<i>11</i>	<i>93</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Саблій Л.А.</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд</i>								<i>КПІ ім. І. Сікорського ФБТ</i>

Молокозаводи та інші підприємства молочної промисловості мають нерівномірне відведення стічних вод, що характеризується різними коефіцієнтами годинної нерівномірності: для молокозаводів - 1,7-1,9, маслозаводів - 1,9-2,0, виробництва казеїну - 2,1. Наприклад, під час промивання технологічного обладнання концентрація забруднень збільшується в 2,5-4 рази порівняно з їх середньодобовими значеннями [3].

Стічні води з цих підприємств мають значні зміни у рівні рН протягом доби через використання для миття технологічного обладнання кислих та лужних миючих розчинів. Кислі миття знижують рівень рН до 2-3, що прискорює гідроліз органічних забруднень молочних продуктів та утворення органічних кислот, переважно молочної. Лужні розчини піднімають рівень рН до 9-11. Крім того, органічні кислоти, що утворюються під час процесу скисання молока при виробництві сиру, кефіру та інших кисломолочних продуктів, також знижують рН стічних вод до рівня 3-4 [3].

Використання гарячих миючих розчинів та води для миття обладнання призводить до підвищення температури стічних вод до 32°C [3].

1.2 Джерела виникнення стічних вод на молокопереробному заводі

Потреба молочної промисловості у воді значна: фактично, вода використовується на всіх етапах, таких як санітарна обробка, нагрівання, охолодження молока, очищення, пакування та миття молочних цистерн. Більшість стічних вод, що утворюються в молочній промисловості, є результатом очищення транспортних ліній та обладнання між виробничими циклами, очищення цистерн та миття молочних силосів [2].

Зважаючи на різноманітність молочних продуктів, виробничий процес молокопереробних заводів відрізняється (Рис.1).

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

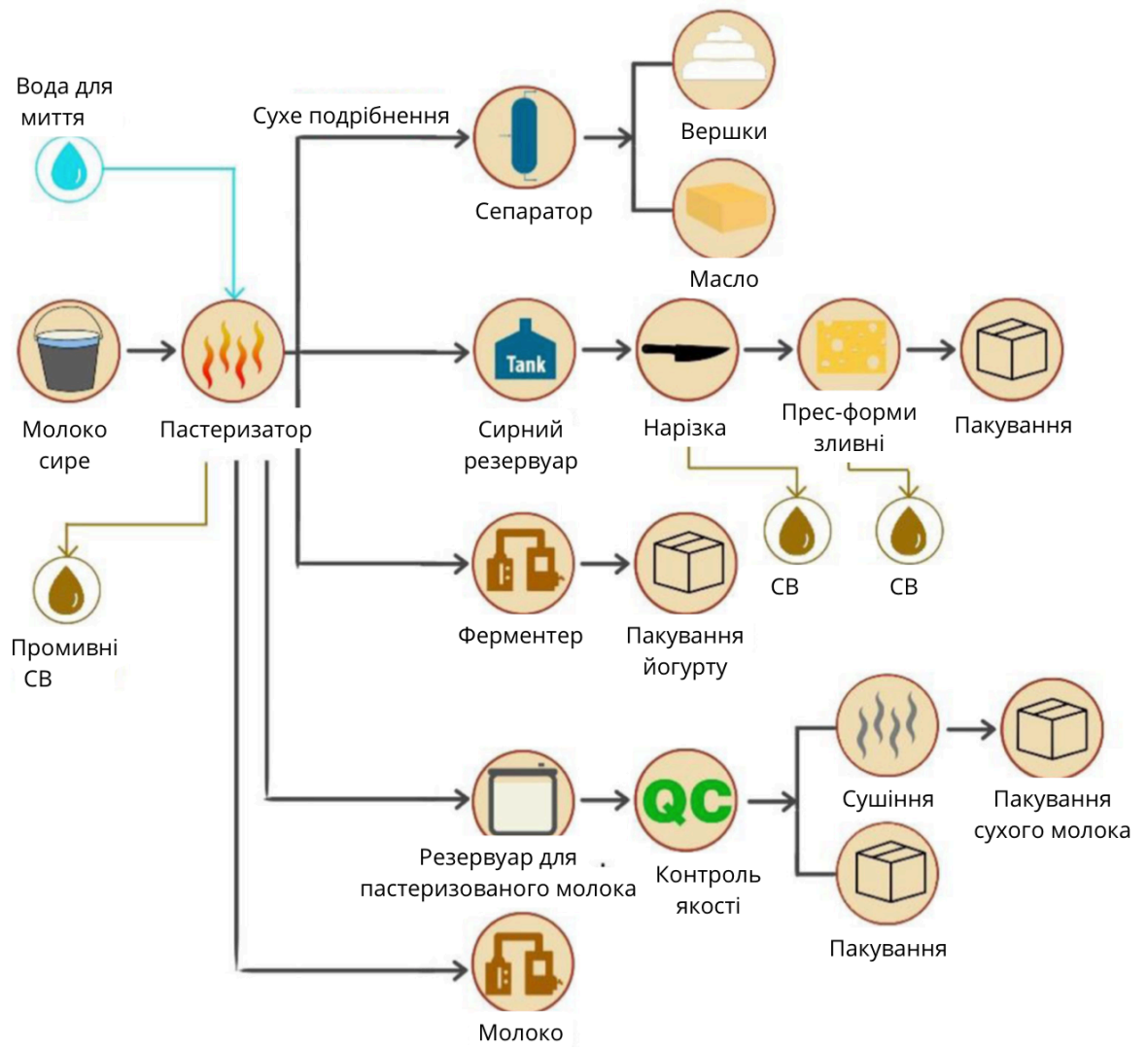


Рис.1. Послідовність молокообробки з метою отримання різних цільових продуктів молочної промисловості [4]

Табл.2. Характеристика продуктів молочної промисловості [5]

Молочні продукти	pH	Тверді речовини	Білок	Жири	Лактоза
Молоко	-	-	10-17 г/дм ³	28-57 г/дм ³	56-79 г/дм ³
Сирна сироватка	3,30	59,76 г/дм ³	1,48 г/ дм ³	-	45,28 г/ дм ³
Молоко сухе незбиране	-	-	24,9%	27%	40,5%
Молоко сухе знежирене	-	-	33%	0,6%	56,6%
Вершки	-	-	2%	40%	3%

На кожен кілограм молочної продукції споживається від 2 до 4 дм³ води, і утворюється від 0,5 до 20,5 дм³ стічних вод, залежно від складу та різноманітності кінцевої продукції. У Таблиці 3 наведені обсяги водоспоживання та утворення стічних вод на окремих ділянках молочного виробництва [4].

Табл. 3. Водоспоживання при виробництві різних молочних продуктів [4]

Молочний продукт	Споживання води	Одиниця виміру
Молоко та кисломолочні напої	0,5-4,1	дм ³ води/ дм ³ переробленого молока
Сир	0,64-2,9	дм ³ води/ дм ³ переробленого молока
Сублімовані продукти	0,07-2,7	дм ³ води/ дм ³ переробленого молока
Заморожені продукти	15,7	дм ³ води/кг продукту
Вершки	3,28	дм ³ води/кг продукту
Масло	3,99	дм ³ води/кг продукту
Йогурт	1,22	дм ³ води/кг продукту

1.3 Склад стічних вод молокопереробних заводів

Розробка та актуалізація методів очищення стічних вод є необхідним для молочної промисловості через великі обсяги використання води та значний вміст забруднюючих речовин у стічних водах, що утворюються.

Існують різні параметри, які впливають на характеристики стічних вод, включаючи кількість переробленого молока, тип продукту, спосіб виробництва та механізм миття.

У Таблиці 4 наведено склад СВ молокопереробного заводу, які можна розглядати як типові характеристики стічних вод на молокопереробних підприємствах:

Табл.4. Склад СВ молокопереробної промисловості [3]

Показник	Володимирецький молокозавод (2010 р.)	Радивилівський молокозавод (2004 р.)	«Бімол», м. Березне (2009 р.)
	-	-	молочний цех
Завислі речовини, мг/дм ³	190	400-1100	120-270
Сухий залишок, мг/дм ³	-	1200-5000	870-1360
ХСК, мг/дм ³	-	850-2400	2500-3500
БСК ₅ , мг/дм ³	3200	485-825	1430-2490
Азот амонійний, мг/дм ³	13,7	15-50	9,37
Нітрити, мг/дм ³	-	-	0,13
Нітрати, мг/дм ³	-	-	0,48
Фосфати, мг/дм ³	-	-	31-72
Хлориди, мг/дм ³	320	-	63,8
Сульфати, мг/дм ³	65,4	-	29,2
Жири, мг/дм ³	60	-	до 100
рН	-	5,1-8,4	5,3-5,9
Витрата стічних вод, м ³ /добу	100	80-150	175
Відношення ХСК/БСК _{повн}	-	1,5-2,1	1,7-1,4

Загалом, склад стічних вод молокопереробного заводу характеризується високими значеннями БСК та ХСК, що свідчить про високий вміст органічних речовин. Сирні стоки мають значний вплив на навколишнє середовище оскільки вони мають співвідношення БСК/ХСК в діапазоні 0,4-0,8, що призводить до високого споживання розчиненого кисню. Основною причиною високих значень показників ХСК і БСК можна вважати значний вміст лактози та жирів [2].

Одна з важливих проблем у процесі очищення стічних вод молокозаводів полягає у нагромадженні жирів. Ці жири негативно впливають на систему каналізації, оскільки під час транспортування вони осідають на стінках труб і колекторів, зменшуючи їх пропускну здатність. Наявність жирів також перешкоджає ефективному проходженню процесу біологічного очищення, оскільки їх розкладання спричиняє утворення жирних кислот і змінює рН на значення від 4,5 до 5. Це спричиняє активне розмноження нитчастих форм бактерій у активному мулі, збільшує муловий індекс та підсилює винос мулу з відстійників [3].

У стічних водах молокозаводів виявлено значну концентрацію азоту, зокрема загального азоту в межах 60-90 мг/дм³. Органічний азот у цих водах переважно представлений аміногрупами білків. Амонійний азот походить з компресорних цехів, тоді як нітрати утворюються під час промивання ємностей азотною кислотою. Загалом, стічні води зазвичай містять від 3,4% до 3,8% азоту від значення ХСК [6].

У традиційних аеротенках процес видалення азотних сполук з стічних вод відбувається шляхом нітрифікації та денітрифікації. Коли стічні води містять значну кількість органічних речовин, кисень, який постачається до споруд, споживають гетеротрофні мікроорганізми, що беруть участь у їх окисненні. У такій ситуації нітрифікатори, які співіснують з гетеротрофами у біоценозі активного мулу, знаходяться в пригніченому положенні, оскільки не мають достатньо кисню для окиснення амонійного азоту. Цей процес розпочинається лише після використання органічних речовин, стабілізації активності гетеротрофів та забезпечення достатньої кількості розчиненого кисню у стічній воді [6].

Фосфор міститься переважно в неорганічних формах, у вигляді ортофосфатних і поліфосфатних сполук, а також в органічних формах [2].

1.4 Обґрунтування та вибір технології очищення стічних вод молокозаводу

Молочні відходи та побічні продукти молочної промисловості можуть бути очищені та використані в інших галузях промисловості шляхом застосування фізико-хімічних методів, таких як зворотний осмос, іонний обмін, нанофільтрація, ультрафільтрація та електродіаліз. Однак біологічним методам, таким як мікробна ферментація або анаеробне зброджування, віддають перевагу [5].

Вміст великих кількостей забруднень різної природи та різної дрібнодисперсності у промислових стічних водах вимагає очищення за допомогою різних технологічних рішень. Зазвичай технологічна схема очищення СВ включає механічне очищення, усереднення, попередню фізико-хімічну обробку, а також

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

біологічне очищення окремо або разом зі стічними водами міста для досягнення стандартів скиду в природні водойми [3].

Механічний метод очищення забезпечує видалення завислих речовин з СВ молочної промисловості. Хімічна обробка - це процес попередньої обробки для видалення колоїдів і розчинних забруднень з СВ молочної промисловості, переважно шляхом додавання реагентів, таких як реагенти Фентона (FeSO_4 і H_2O_2) [5].

В основному в системі очищення СВ використовують біологічні процеси, оскільки фізико-хімічні методи вимагають високоавартісних систем, утилізацію утворених осадів у реагентних методах, характеризуються значною потребою у електроенергії та не є ефективним для висококонцентрованих СВ, що містять високий показник ХСК [5].

1.4.1 Попереднє очищення стічних вод молокопереробного заводу

Аналіз складу висококонцентрованих стічних вод показав, що для передочищення стічних вод підприємств харчової промисловості найбільш ефективним методом є флотація. Це пояснюється тим, що у таких стічних водах присутні емульговані домішки (жир, масло) і поверхнево-активні речовини, такі як піноутворювачі та збирачі [3].

Флотаційні технології демонструють високу ефективність у очищенні стічних вод від нерозчинених домішок (у твердому та емульгованому стані) і завислих речовин у високому діапазоні - від 90% до 98%. Це досягається протягом відносно короткого часу, що становить в середньому 20-30 хвилин (час перебування в флотаційних установках). Такий процес призводить до зниження показників ХСК і БСК, а також видалення небажаних газів. Крім того, флотаційне очищення стічних вод супроводжується такими явищами, як аерація та зниження концентрацій органічних та бактеріальних забруднень, що сприяє подальшому процесу очищення. Метод флотації дозволяє очищати стічні води від широкого спектру забруднень, включаючи плаваючі, емульговані та розчинені органічні речовини, такі як жири, різні органічні сполуки, ПАР, застосовуючи як одно-, так і багатоступеневі флотаційні установки. Результати експериментальних і

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

виробничих досліджень з використанням флоатації для фізико-хімічного очищення стічних вод показують високу ефективність у видаленні завислих речовин на рівні від 80% до 98,5% при вмісті завислих речовин на вході від 400 до 5500 мг/дм³, а також широкий діапазон зниження концентрації органічних забруднень (виміряний за ХСК або БСК) - від 50% до 92% при ХСК або БСК на вході від 200 до 11000 мг/дм³ залежно від специфіки виробництва [3].

Використання методу флоатації у технологіях очищення висококонцентрованих стічних вод може здійснюватись на різних етапах фізико-хімічних або біологічних процесів. Флоатація може використовуватись як передочищення для відокремлення мулових сумішей перед відстійниками (метод біокоагуляції-флоатації), або після аеротенків для зневоднення осаду та інших цілей. Під час біологічного очищення стічних вод ефективність роботи очисного комплексу переважно залежить від ефективності відокремлення активного мулу від води у вторинних відстійниках, а також зневоднення осаду в мулоущільнювачах [3].

У технологіях очищення стічних вод можна використовувати електроенергію для безпосереднього впливу на СВ. Часто ці методи електрообробки базуються на електролізі. Такими методами є електрокоагуляція, електрофлоатація, електроліз, електрохімічне окиснення і відновлення, електролітичне вилучення металів зі стічних вод і осадів, електроекстракція, електродіаліз та інші [3].

1.4.1.1 Застосування методів напірної флоатації для попереднього очищення стічних вод молокозаводів

Напірна флоатація - це метод очищення стічних вод, який використовує дрібні (20...100 мкм) бульбашки повітря, що виділяються з розчину. Вода насичується повітрям при підвищеному тиску, що збільшує розчинність газів у воді. Коли тиск знижується до атмосферного, розчинене у стічній воді повітря стає перенасиченим і виділяється у вигляді мікробульбашок. Ці мікробульбашки мають велику сумарну поверхню, що дозволяє забрудненням прилипати до них, і відносно невисоку швидкість спливання, що забезпечує тривалий контакт між частинками забруднень

і бульбашками. Кількість розчиненого повітря та розмір бульбашок можна змінювати, регулюючи тиск [7].

Практично напірна флотація здійснюється шляхом подачі стічних вод у флотаційну камеру насосом через резервуар, де повітря розчиняється під тиском. Використовуються такі схеми напірної флотації: пряма флотація та флотація з частковою подачею стічної води через напірну рециркуляцію (робочу рідину) [7].

У випадку прямої флотації всю стічну воду насосами перекачують до напірного резервуару, звідки водо-повітряна суміш надходить до флотаційної камери (рис. 5). Для підсмоктування повітря встановлюють ежектор або патрубок на напірному чи всмоктувальному трубопроводі насоса, або на перемичці між ними. Напірний резервуар (бак) забезпечує повне розчинення повітря у воді завдяки своєму об'єму, який дозволяє досягти необхідної тривалості насичення. Технологічні схеми напірної флотації з рециркуляцією та робочою рідиною відрізняється тим, що повітрям насичується очищена вода [7].

Пряму напірну флотацію рекомендується застосовувати, коли концентрація нерозчинених речовин не перевищує 5 г/л, і стічні води надходять на очищення рівномірно [7].

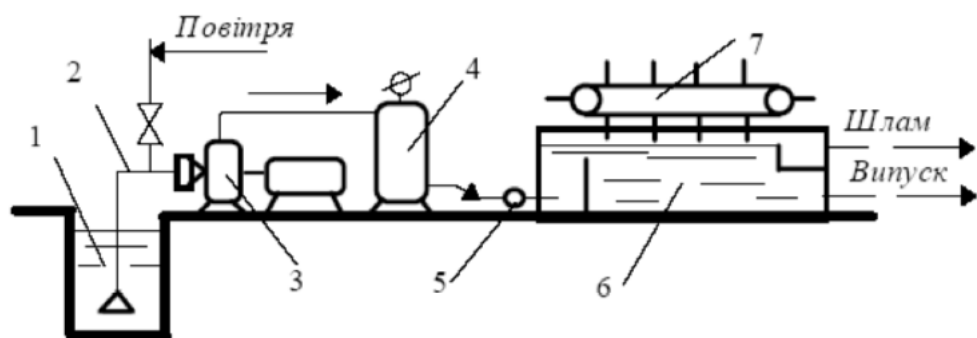


Рис. 5. Схема прямої напірної флотації:

1- приймальний резервуар; 2- всмоктувальний трубопровід; 3- насос; 4- напірний бак; 5- регулятор тиску; 6- флотаційна камера; 7- шкребки [7]

Схему з рециркуляцією застосовують як при рівномірному, так і при нерівномірному надходженні стічних вод, а також при використанні коагуляції, якщо концентрація дисперсних домішок не перевищує 3 г/л. Схему з робочою рідиною доцільно використовувати, коли концентрація нерозчинених домішок

перевищує 2 г/л. Витрату робочої рідини підбирають так, щоб концентрація забруднень у суміші залишалася в межах 1...2 г/л [7].

У випадку флотації з частковим насиченням стічної води повітрям через насос та напірний резервуар обробляють лише частину загального потоку (30...70%). Насичення повітрям цієї частини потоку повинно бути достатнім для забезпечення флотаційного процесу для всього обсягу стічних вод. Цю схему використовують при самопливному надходженні стічних вод, нерівномірній витраті та концентрації завислих речовин, яка не перевищує 3 г/л [7].

Установки напірної флотації при очищенні стічних вод молокопереробної промисловості широко використовуються оскільки присутність жирів спричиняє тривалий час гідролізу органічних речовин, що створює труднощі при вторинному очищенні. Отже, флотація забезпечує таким чином ефективність подальших процесів очищення [8].

1.4.1.2 Застосування методів безнапірної флотації для попереднього очищення стічних вод молокозаводів

В безнапірних флотаційних установках, повітря подається за допомогою компресора або всмоктується спеціальними пристроями, такими як імпелери, безпосередньо у флотаційну камеру. Застосовуються різноманітні засоби, такі як решітки з дрібними отворами, фільтросні пластини, перфоровані труби або насадки, що перетворюють повітря у бульбашки розміром від 4 до 20 мкм [9].

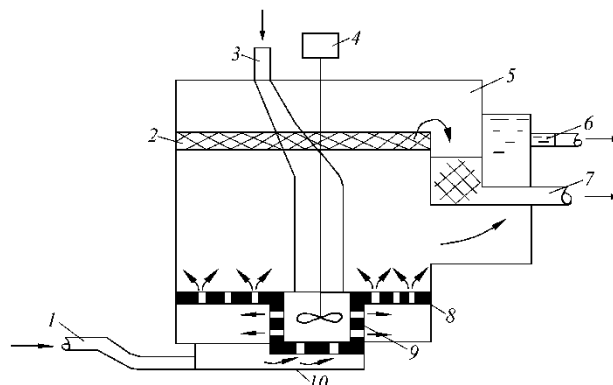


Рис. 6. Схема імпелерної однокамерної флотаційної установки [9]:

- 1 – подача забрудненої води; 2 – піна; 3 – подача повітря; 4 – привід імпелера; 5 – пінозбірник; 6 – відвід очищеної води; 7 – відвід піни; 8 – решітка; 9 – статор; 10 – приймальна кишеня

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Варто звернути увагу на флотаційну установку з імпеллером, що диспергує повітря, турбінкового (рис. 6). У такій установці, вода з приймальної кишені надходить до статора, де також постачається повітря. Імпеллер забезпечує перемішування води з повітрям. Після цього водоповітряна суміш викидається зі статора під впливом відцентрових сил і через решітку потрапляє безпосередньо до флотаційної камери, де відбувається розподіл рідинної фази та утворення повітряних бульбашок (піни). Піна збирається у пінозбірник і виводиться за межі споруди, тоді як очищена вода направляється в іншу кишеню. Для ще більш ефективного очищення можуть використовуватися кілька камер з послідовним переміщенням води через них [9].

Рівень диспергування повітря залежить від колової швидкості імпеллера, яку приймають рівною 12...15 м/с. Діаметр імпеллера d_i не повинен перевищувати 750 мм. Зона обслуговування імпеллера в квадратній камері не повинна перевищувати $(6d_i)^2$. Висота флотаційної камери H_ϕ приймається рівною 1,5...3 м; тривалість флотації $t_\phi = 20...30$ хв [9].

1.4.1.3 Застосування методів електрофлотації та електрокоагуляції-флотації для попереднього очищення стічних вод молокозаводів

Серед цих методів особливе значення мають електрофлотація та електрокоагуляція-флотація через їхні переваги: мінімізація або відсутність використання хімічних реагентів; зменшення об'ємів утворюваних осадів; збереження очищеної води для повторного використання; уніфікованість устаткування; можливість комбінування з іншими очисними спорудами на території промислового підприємства; компактність апаратів; автоматизація процесу [3].

Проте використання електрохімічних методів може викликати проблеми, такі як нестабільна робота установок при зміні концентрацій забруднень або витрати стічних вод; викиди вибухонебезпечних газів; утворення хлору та інших сполук; перешкоди для подальшого біологічного очищення; високі витрати електроенергії, зношення електродів та інші [3].

										Арк.
										21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КББЕ.БМ0114.ПЗ					

Методи електрокоагуляції-флотації та електрофлотації дозволяють очищати стічні води, які містять значні кількості високодисперсних твердих речовин, а також різні форми органічних забруднень: плаваючі, емульговані і розчинені, такі як жири, масла, нафта, нафтопродукти, ПАР, барвники. Крім того, вони дозволяють вилучати іони важких металів, таких як мідь, хром, свинець, цинк, залізо, кадмій, нікель та інші [3].

Для очищення стічних вод харчових підприємств від емульгованих і колоїдних частинок може бути використаний метод електрофлотації. Для розділення емульсії жири-вода використовують електрофлотаційну комірку з анодом із титану, покритого оксидом рутенію, та катодом із нержавіючої сталі. Видалення жирів досягає 70-75% в присутності NaCl (3,5%) і 99,5% в присутності NaCl і коагулянту Fe₂(SO₄)₃. Витрата електроенергії становить 0,4-1,6 кВт/м³ [3].

Зазвичай апарати для електрокоагуляції-флотації та електрофлотації мають складну конструкцію, що включає кілька компонентів, таких як камера флотації, блок електродів, камера відстоювання, пристрої для збору та відведення піни, а також пристрої для введення та відведення води і т. д [3].

На підприємствах молочної промисловості при використанні для очищення висококонцентрованих стічних вод реагентних методів утворюється велика кількість осадів, тому альтернативою є використання електрокоагуляції з анодом із заліза, при цьому також відбувається електрохімічна деструкція органічних речовин. При оптимальній концентрації електроліту і напрузі на електродах 11,3 В лактоза видалялась повністю, ХСК на 53,3% при тривалості 8 год [3].

Недоліком використання методу електрокоагуляції для очищення висококонцентрованих стічних вод молокопереробних підприємств є утворення значних об'ємів осадів у процесі очищення. Ці осади містять велику кількість органічних речовин, включаючи ПАР, а також токсичні продукти розпаду органічних речовин та іони металів. Обробка та утилізація цих осадів вимагає значних фінансових витрат [3].

1.4.2. Біологічні методи очищення стічних вод молокозаводів

1.4.2.1. Аеробне очищення СВ молокопереробного заводу

Реактор періодичної дії, мембранний біореактор, біоплівковий реактор і ротаційний біологічний контактор часто використовуються при аеробному очищенні СВ. Проте деякі складові СВ молокопереробних заводів, такі як жири і білки, не можуть бути повністю видалені в аеробних спорудах. В якості альтернативи було запропоновано два методи переробки відходів – комбінацію анаеробного та аеробного, або лише анаеробне очищення з використанням реакторів з безперервним перемішуванням [5].

1.4.2.2. Анаеробне очищення стічних вод молокопереробного заводу

Анаеробні реактори застосовують переважно у зарубіжній практиці останні 20–25 років для очищення стічних вод з концентрацією ХСК понад 1000 мг/дм³, зокрема стічних вод молочної, пивної, цукрової, винної, спиртової, фармацевтичної, біотехнологічної галузей, а також свинарства [10].

Переваги застосування анаеробної технології полягають насамперед у наступному:

- порівняно низьке споживання енергії при анаеробному біологічному очищенні, оскільки не потрібна аерація;
- часткове енергозабезпечення за рахунок біогазу, що утворюється;
- низький об'єм надлишкового мулу в порівнянні з аеробним біологічним очищенням стічних вод, що значно зменшує витрати на обробку мулу [5].

Основним недоліком використання анаеробної технології є гірша якість скиду порівняно з аеробною технологією. При анаеробному очищенні ХСК знижується приблизно на 75-80% у стічних водах молокозаводу, тоді як у результаті аеробного очищення стічних вод усунення ХСК складає > 92%. Отже, якість скидів після анаеробного очищення стічних вод є гіршою з точки зору ХСК, ніж при використанні аеробного очищення стічних вод. [11]. Крім цього, анаеробні процеси можуть бути обмежені низькою бікарбонатною лужністю та тенденцією до швидкого підкислення [5].

									Арк.
									23
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Тому, як правило, анаеробна технологія використовується як етап попереднього очищення [11].

Для анаеробного зброджування стоків молокопереробної промисловості використовується багато типів біореакторів, включаючи анаеробний реактор періодичної дії з перемішуванням (ASBR), реактор з висхідним потоком через шар анаеробного гранульованого мулу (UASB), реактор з псевдозрідженим шаром (FBR) та інші [5].

Реактор з висхідним потоком через шар анаеробного гранульованого мулу (UASB), який включає муловий шар, системи розподілу стоків, газо-твердого сепаратора та систему відведення стоків, є типовим варіантом анаеробного очищення [5].

Утворення біогазу при анаеробному зброджуванні стічних вод молокопереробного заводу

Побічні продукти молочної промисловості з високим рівнем ХСК можуть бути використані як можлива сировина для виробництва біогазу шляхом анаеробного зброджування [5].

Однак анаеробна обробка молочної сироватки є складним завданням через її високе ХСК, низьке значення рН і недостатню лужність. З іншого боку, інші молочні відходи з низьким значенням ХСК (молоко та йогурт) можуть бути непридатними для анаеробного зброджування у звичайних біогазових установках типу реактора з безперервним перемішуванням (CSTR). Порівняння різних реакторів показало, що реактор UASB є системою з найвищою ефективністю видалення ХСК (49-60%) [5].

Крім того, вуглеводи в молочних стоках стимулюють ріст кислотоутворюючих бактерій, але пригнічують метаногени, що призводить до нестабільності роботи обладнання. Для подолання цієї проблеми застосовують спільне зброджування молочних стоків з іншими відходами, такими як гній, підстилка з козячої соломи, відпрацьоване зерно пивоварних заводів, гній великої рогатої худоби, відходи птахівництва або тваринництва. Ці комбінації можуть підтримувати оптимальне співвідношення вуглець/азот (C/N) та мікробний

									Арк.
									24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

синергізм, що підтримує ріст метаногенів та опосередковано збільшує виробництво біогазу. Крім того, важливо контролювати концентрацію іонів металів, таких як мідь, цинк і нікель у субстраті, оскільки вони обмежують метаногенез. Фази ацетогенезу і метаногенезу можна розділити, щоб запобігти нестабільності і збільшити вихід біометану. Ця технологія відома як двостадійне анаеробне зброджування, яке потребує меншого часу гідравлічного утримання порівняно з традиційним анаеробним зброджуванням (менше 5 днів) [5].

Утворений біогаз можна споживати як теплову енергію для виробництва пари в процесі виробництва сиру. В іншому випадку, біогаз може бути використаний як джерело електричної енергії для водоочисних споруд [5].

Використовуючи анаеробну технологію, з 1 м³ молочних стічних вод можна отримати близько 2 м³ біогазу [11].

Табл.7. Порівняння недоліків та переваг аеробного та анаеробного очищення СВ підприємств молочної промисловості [12]

Показник	Аеробний процес	Анаеробний процес в анаеробних біореакторах з гранульованим мулом
Якість очищення	Досягається значне зниження ХСК, БСК та видалення органічних речовин.	Якість стічних вод за показником ХСК є задовільною, але необхідне подальше очищення.
Енергетичні потреби	Значна потреба у електроенергії	Виробляється енергія у вигляді метану
Вихід біомаси	У порівнянні з анаеробним процесом, виробляється в 6-8 разів більше біомаси	Виробляється менше біомаси
Додавання лугу	Немає потреби	Існує потреба у додаванні лугу для підтримання рН, оскільки рН змінюється у результаті зброджування лактози.

1.4.2.3. Послідовне використання анаеробного та аеробного біологічного очищення стічних вод

Перед стадією анаеробного очищення необхідно забезпечити відсутність у СВ жиру і знизити вміст завислих речовин, оскільки існує ризик спливання біомаси через прилипання до неї жиру [13].

Великі компанії, як правило, використовують флотацію для відокремлення жирів (найчастіше напірну флотацію). За допомогою флотаційної установки можна досягти рівня видалення ХСК від 40 до 60%. Без використання флокулянтів ступінь видалення може коливатися в межах 10-30%, залежно від складу стічних вод [13].

Комбінація анаеробного та аеробного очищення стічних вод у порівнянні з лише аеробним очищенням стічних вод призводить до утворення надлишкового мулу на 70% менше. Наприклад, анаеробно-аеробна технологія з використанням UASB реактора забезпечує наступну ефективність очищення: від органічних забруднень ХСК – 93-96%, від азоту амонійного – 98,2-99,6%, завислих речовин – 92,5%, жири – 90%, фосфати – 87,5 [13].

1.5 Обґрунтування та вибір технології очистки стічних вод молокопереробного заводу

З аналізу літературних даних видно, що головною проблемою в очищенні стічних вод молокопереробного заводу є велике навантаження за показником БСКповн. Стічні води молокозаводу мають високий вміст фосфатів, що зумовлено видаленням з обладнання, використовуваного для виробництва сухого молока та сироватки, яке миють за допомогою фосфату кальцію. Цей фосфат осідає на поверхні теплообмінних апаратів і утворює так званий молочний нальот разом з денатурованими сироватковими білками. Під час миття обладнання ці речовини потрапляють у каналізаційну мережу підприємства. Загальний вміст сухих речовин у цих стічних водах становить 4,5-7,5%, включаючи лактозу близько 5%, білок 1,0%, молочний жир 0,5% і мінеральні речовини приблизно 1% [13].

У стічних водах молокозаводу спостерігається значний вміст лактози і білків, які розкладаються повільно мікроорганізмами. Ці води відносяться до концентрованих за органічним забрудненням. Метанове бродіння може бути використане як перша стадія очищення концентрованих стічних вод, за якою обов'язково слідує аеробне доочищення [13].

З метою обрання оптимальної технології очищення стічних вод молокопереробного заводу необхідно провести порівняння фактичних значень основних показників забруднюючих речовин з допустимих для скиду у каналізаційну систему міста Рівне (Табл.8)

Табл.8. Склад стічних вод молокопереробного заводу у порівнянні з допустимими концентраціями забруднюючих речовин для скиду в очисну систему міста Рівне [14]

№ з/п	Показники стічних вод	Значення	ГДС на очисні споруди м. Рівне
1	Завислі речовини, мг/дм ³	180-220	250
2	Жири, мг/дм ³	80-110	10
3	Біологічне споживання кисню (БСК ₅), мгО ₂ /дм ³	1800-2200	188
4	Хімічне споживання кисню (ХСК), мгО ₂ /дм ³	2700-3300	470
5	Хлориди, мг/дм ³	22-23	350
6	Сульфати, мг/дм ³	9-10	100
7	Фосфати мг/дм ³	5-6	10
8	Азот амонійний мг/дм ³	180-220	16
9	рН	80-110	6,5-9,0
10	Витрата, м ³ /добу	1800-2200	-

*ГДС – гранично допустимий скид

Як видно з табл.8, концентрації забруднюючих речовин, а саме жирів, БСК₅, ХСК, сульфатів та фосфатів є суттєво завищеними. Ці показники в кілька разів перевищують допустимі концентрації забруднень для скиду води у міські стоки. Отже, стічні води потребують локальної очистки на території підприємства, адже фактичні концентрації є недопустимими до скиду в водоочисну систему міста. При потраплянні на очисну споруду міста, такі завищені концентрації забруднюючих речовин можуть скорочувати термін експлуатації очисних споруд і

чинити негативний вплив активний мул в аеротенках. Велика концентрація жирів і може сприяти утворенню поверхневої плівки, яка буде обмежувати доступ активного мулу до кисню.

Враховуючи високий рівень забруднення було запропоновано технологію локального очищення стічних вод, що наведена на рисунку 9.

Обрана технологія забезпечує високу ефективність очищення стічних вод молокозаводу: від органічних забруднень ХСК – 94%, від азоту амонійного – 92%, завислих речовин – 91,9%, жири – 90%, фосфати – 93%.

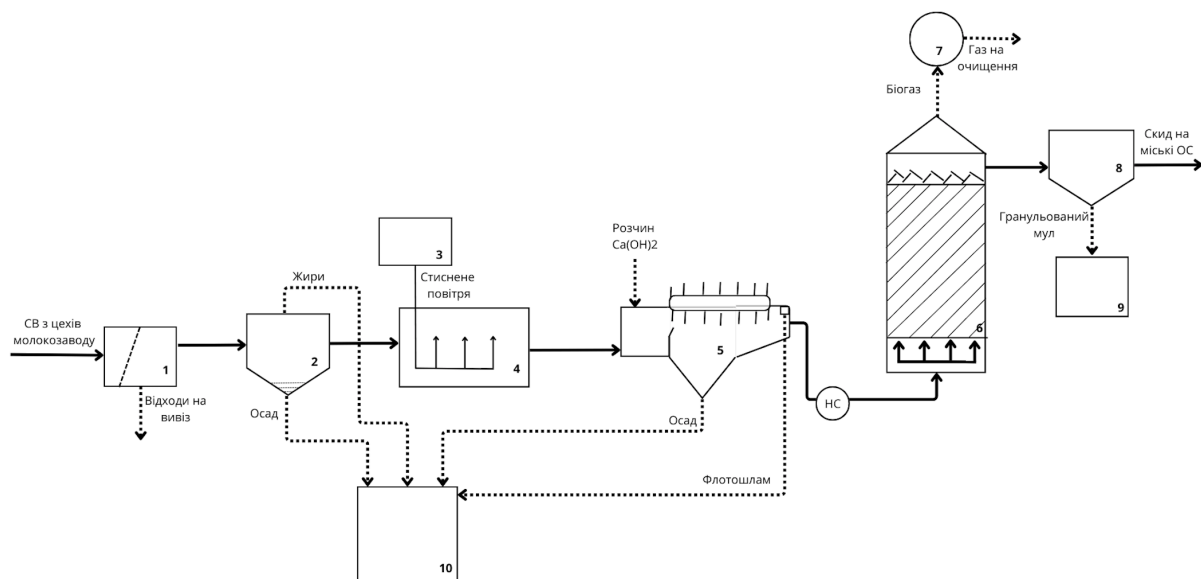


Рис.9. Обрана технологія попереднього очищення стічних вод молокозаводу:

1 – решітки; 2 – жироловлувач; 3 – повітродувна станція; 4 – усереднювач;
5 – установка безнапірної флоатації; 6 – UASB реактор; 7 – газгольдер; 8 – вторинний відстійник; 9 – збірник гранульованого анаеробного мулу; 10 – збірник осадів і жирів; НС – насосна станція

Дана технологія є оптимальною через ряд факторів. По-перше, дана технологія видаляє високу концентрацію забруднень у виробничих стічних водах молокопереробного заводу в м. Рівне, зокрема високі показники БСК₅ – 2000 мг/дм³, ХСК – 3000 мг/дм³, концентрації жирів – 100 мг/дм³ та витрата виробничих стічних вод – 1800 м³/добу. Розміщення молокозаводу в межах населеного пункту з потужними міськими очисними спорудами дає можливість скидання виробничих

Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КББЕ.БМ0114.ПЗ

Арк.

28

стічних вод у міську каналізаційну систему. Також існує економічна вигода від часткового попереднього очищення стічних вод на локальних очисних спорудах із подальшим скиданням на міські очисні споруди, замість будівництва повноцінних очисних споруд на підприємстві для повного очищення стічних вод перед їх скиданням у водойму.

Ефективність запропонованої технології очищення дозволяє знизити концентрацію забруднень у виробничих стічних водах до рівня ГДК, необхідного для скидання на міські очисні споруди згідно з Правилами прийому виробничих стічних вод до міської каналізації м. Рівне. Жировловлювач дозволяє значно знизити концентрацію жирів (на 50%), безнапірна флотація із додавання реагентів для коагуляції та флокуляції забруднень дозволяє знизити показники ЗР (на 70%), БСК (на 35%), ХСК (на 35%), жирів (на 70%), UASB-реактор та вторинний відстійник дозволяє знизити показники ЗР (на 70%), БСК (на 70%), ХСК (на 70%), жирів (на 80%) і довести показники до рівня достатнього для скиду на міські очисні споруди. Система виявляє стійкість до нерівномірного викиду стічних вод, у тому числі у випадках залпового або аварійного скидання, завдяки використанню усереднювачів. Ці пристрої допомагають вирівняти концентрацію забруднюючих речовин, рН, температуру та стабілізувати розходи стічних вод.

Обробка осадів (жиру та осаду із жировловлювачів, флотошлему і осаду із флотатора) полягає у зберанні їх у спеціальній ємності - збірнику осадів і жирів, що дає можливість перенаправляти відходи на подальше використання. Біогаз, що утворюється в UASB-реакторі можна використовувати для системи пневматичного перемішування завантаження цих анаеробних реакторів та після проведення очистки в якості паливного ресурсу для компенсації частини витрат на обігрів споруд. Гранули анаеробного активного мулу, що виносяться з анаеробного реактора збираються у збірник гранульованого анаеробного мулу, після чого він може бути направлений назад в UASB-реактор.

Попередня механічна очистка стічних вод включає встановлення решіток (1) і жировловлювачів (2). Решітки (1) призначені для утримання великих включень, що перебувають у воді. Відходи, які залишаються на решітках після фільтрації,

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
						29
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

мають бути розмелені перед тим, як їх вивезти на полігон для захоронення або відправити на сміттєспалювальний завод.

Далі вода проходить у жировловлювачі (2), де вони утримують жирові частинки, не допускаючи їх до потрапляння у природні водоймища. Коли вода надходить у резервуар, вона поступово наповнює першу камеру. Жирові частинки, через різницю щільності, піднімаються на поверхню і збираються у спеціальному лотку, де вони нагромаджуються, а очищена вода продовжує свій шлях по системі. У другій камері жир остаточно відділяється. Накопичені тверді частинки періодично видаляються за допомогою автоматизованих систем, після чого вивозяться.

Після жировловлювачів вода поступає у спеціальну ємність усереднювача (4), де відбувається перемішування шляхом барботування стисненого повітря, що проводиться через перфоровані труби. Труби укладаються горизонтально вздовж резервуара. Датчики рівня стічних вод, вмонтованих у приймальний резервуар дають сигнал для подачі води на очищення. Споруди призначені для регулювання параметрів стічних вод, які надходять на очисні споруди. Усереднення відбувається для гомогенізації складу стічних вод та вирівнювання витрат під час нерівномірного надходження вод. Тривалість усереднення – 8 годин.

Воду з усереднювача через насос подають на безнапірну флотаційну стадію протягом 40-45 хвилин при концентрації активного мулу до 1 г/дм³. Цей процес забезпечує ефективне очищення стічних вод від завислих речовин, жирів та СПАР. Якість очищеної води відповідає вимогам для подальшого направлення на біологічне очищення, а утворений флотаційний шлам та осад можуть бути повторно використані.

Стічна вода самоплинно переходить до реактора UASB (6), де відбувається анаеробний розклад органічних речовин біологічними агентами, що призводить до утворення біогазу. Ці мікроорганізми включають ферментативні кислотогени, бактерії, які утворюють водень, та метаногени, які використовують різні сполуки для продукції метану. Утворений біогаз направляється до газгольдерів для подальшого очищення та використання. Реактор має різні зони, включаючи зону

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

зброджування, газовідокремлення та відстоювання стічної води. В зоні зброджування присутній шар гранул анаеробного мулу, який підтримується в завислому стані завдяки потокам біогазу та стічної води, що подаються у нижню частину реактора.

Утворений у процесі анаеробного зброджування біогаз накопичується у газгольдері (7), після чого очищається та використовується на потреби очисної станції.

Після проходження через UASB реактор, стічна вода та надлишковий активний мул направляються до вторинного відстійника (8), де відбувається відокремлення активного мулу, що осідає разом із зв'язаними з ним органічними речовинами, які не були розкладені під час процесу очищення.

Після відстоювання у вторинному відстійнику попередньо очищені стічні води скидаються в міську систему каналізації, де проходять подальшу очистку разом із господарсько-побутовими стоками.

Жири та осад із жировловлювачів, флотошлам і осад із флотатора накопичується у збірнику осадів і жирів, після чого дані осади, що характеризуються високим вмістом жиру, перенаправляти відходи на подальше використання.

Вибрана технологія очищення стічних вод молокозаводу забезпечує доведення параметрів стічної води до необхідних норм скиду на очисні споруди міста Рівне.

Табл.10. Показники стічних вод молокопереробного заводу на стадіях очищення

№ з/п	Показники якості стічних вод	На вході в жировловлювач	На виході з жировловлювача	На виході з усереднювача	На виході з безнапірного флотатора	На виході з UASB реактора та вторинного відстійника	ГДС на очисні споруди м. Рівне
1	Завислі речовини, мг/дм ³	180-220	160-200	180	54	16,2	250
2	Жири, мг/дм ³	80-110	60-80	70	21	6,3	10
3	БСК ₅ мгО ₂ /дм ³	1800-2200	1500-1900	1700	1105	165	188

4	Хімічне споживання кисню (ХСК), мгО ₂ /дм ³	2700-3300	2500-2900	2700	1755	440	470
5	Фосфати мг/ дм ³	22-23	20-22	21	12	8	10
6	Азот амонійний мг/ дм ³	9-10	8,5-9,5	9	8,5	4,7	16
7	рН	5-6	5-6	5,5	7,2	7.2	6,5-8,5

*ГДС – гранично допустимий скид

1.6 Характеристика біологічного агента на анаеробній стадії очищення висококонцентрованих стічних вод

Під час анаеробного біологічного очищення стічних вод використовується анаеробний мул як біологічний агент. Цей мул містить різні типи бактерій, які беруть участь у різних етапах процесу, включаючи ферментативні кислотогени, ацетогенні бактерії, що продукують водень, а також метаногени, які відновлюють СО₂ і використовують ацетат-іони [15].

Згідно із сучасними уявленнями, анаеробне метанове зброджування включає чотири взаємозв'язані стадії [15].

Першим етапом розглядається ферментативний гідроліз нерозчинених складних органічних речовин, який призводить до утворення більш простих розчинених сполук під впливом "первинних" анаеробів [16].

Одночасно мікроорганізми гідролізують моносахариди, органічні кислоти та спирти, унаслідок чого утворюються водень, аміак, спирти та інші сполуки. На цій стадії активні облигатні анаероби, такі як *Clostridium*, *Bacteroides*, *Ruminococcus*, а також факультативні, такі як *Escherichia coli* та *Bacillus sp* [16].

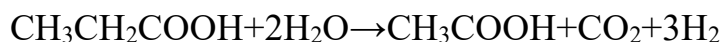
На ацетогенній стадії відбувається перетворення джерел вуглецю та енергії, таких як жири, білки та спирти, на оцтову кислоту, яка розщеплюється на ацетатний іон та катіон водню. Цей процес виконують ацетогенні мікроорганізми, що включають як облигатні, так і факультативні види, наприклад *Syntrophobakter*, *Syntrophomonas*, *Desulfovibrio* [16].

								Арк.
								32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КББЕ.БМ0114.ПЗ			

Реакції відбуваються за такими рівняннями [16]:

1) гідроліз органічних кислот:

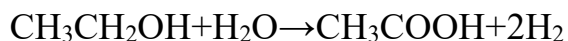
пропіонової:



масляної:

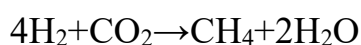


2) гідроліз спиртів (етанола):

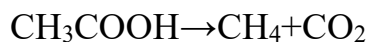


На більш пізніх етапах процесу розкладу органічних речовин беруть участь метаногенні та сульфатредуючі мікроорганізми, які використовують метаболіти, утворені на попередніх стадіях. У середовищах з низьким вмістом сульфатів переважно утворюється метан, діоксид вуглецю та невелика кількість сірководню [16].

Таким чином, метаногени використовують водень для відновлення CO_2 до CH_4 :



і розщеплюють оцтову кислоту до CO_2 і CH_4 :



Метанові бактерії, які беруть участь у процесі, – *Methanococcus*, *Methanobacterium*, *Methanospirillum*, *Methanotrix*, *Methanosarcina* [17].

Між групами метаногенних мікроорганізмів існують складні симбіотичні взаємозв'язки, де продукти життєдіяльності одних є субстратами для інших [18]. Це сприяє вищій пластичності метанового біоценозу, який може функціонувати як самостійна система, підтримуючи необхідні значення рівня рН та інших середовищних факторів. Незважаючи на складний процес біометаногенезу, це забезпечує стабільність роботи мікробних систем, що здатні до вироблення метану [16].

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД МІСТА РІВНЕ, ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ

2.1. Характеристика стічних вод міста Рівне

Водний потенціал Рівненської області створює сприятливі умови для задоволення потреб у водних ресурсах усіх галузей економіки регіону, які використовують підземні та поверхневі води під час виробництва. Крім того, цей потенціал сприяє розвитку рибогосподарських підприємств та туристично-рекреаційної сфери [1].

У межах Рівненської області протікає 149 річок, довжина яких перевищує 10 кілометрів, а також розташовані 151 озеро, 12 водосховищ і 1546 ставків [1].

Річки області входять у басейн правої притоки Дніпра – річки Прип'ять. Вони живляться переважно за рахунок талої та снігової води, а також, в меншій мірі, за рахунок ґрунтових вод та атмосферних опадів. Основним фактором, який визначає напрямок течії річок від півдня до півночі, є загальний нахил висотної рівнини у цьому напрямку. У Рівненській області найбільше водних ресурсів використовує промисловість, при цьому енергетичний сектор споживає близько 82% загального обсягу споживаної води. У сільському господарстві головним споживачем є рибне господарство, водопостачання для сільськогосподарських потреб є відносно невеликим [1].

Комунальне підприємство "Рівнеоблводоканал" регулярно проводить спостереження за якістю поверхневих вод в двох пунктах спостережень: до і після відведення очищених стічних вод від споруд каналізаційного водовідведення Гощанської дільниці "Рівнеоблводоканал". Зафіксовано перевищення нормативів щодо показника БСК₅ у 1,7 рази в обох точках спостережень, а також низький вміст розчиненого у воді кисню протягом року, що становив від 4,8 до 5,2 мг/дм³ [1].

					<i>КББЕ.БМ0114.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Самченко К.Ю.</i>				ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД МІСТА РІВНЕ, ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Саблій Л.А.</i>						34	93
<i>Реценз.</i>						<i>КПІ ім. І. Сікорського ФБТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд</i>								

Для поліпшення ситуації протягом 2022 року були проведені капітальні та поточні ремонти на об'єктах водопостачання та водовідведення за кошти підприємства загальною вартістю 9128,885 тисяч гривень, зокрема, було відремонтовано очисні споруди каналізаційної системи у смт Гоща та Квасилів [1].

У 2022 році у поверхневі водні об'єкти області було відведено 50,392 мільйонів кубометрів зворотних вод. Розподіл відведення зворотних вод у поверхневі водні об'єкти представлений на Рисунку 11.

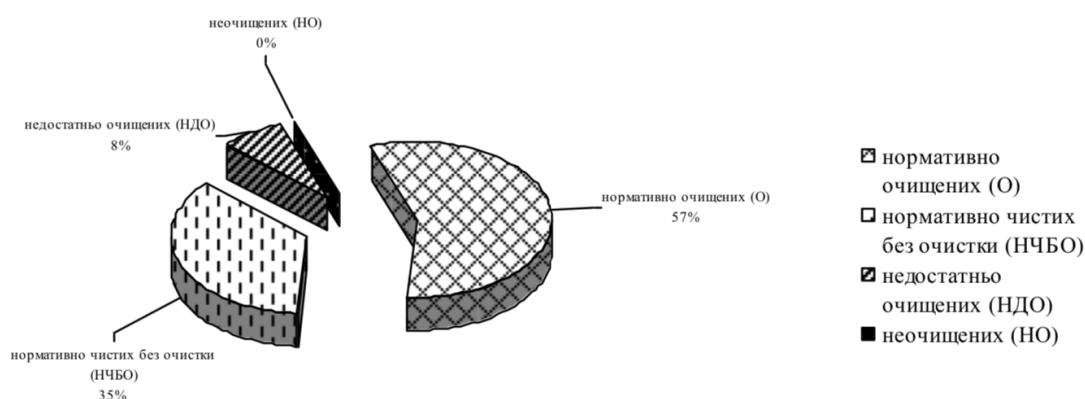


Рис.11. Розподіл скиду зворотних вод в поверхневі водні об'єкти в 2022 році, % [1]

Забруднення поверхневих вод області погіршується через викиди недостатньо очищених або неочищених стічних вод від комунальних підприємств, які є основними джерелами забруднення. Це особливо стосується міст Дубно, Сарни, Костопіль, Корець, Острог, Березне, Радивилів, а також селищ Володимирець, Рокитне, Зарічне, Млинів, Демидівка, Оржів, Клесів, Клеваний та сіл Зоря [1].

Більшість водопровідно-каналізаційних мереж та споруд перебувають у незадовільному стані через тривалу експлуатацію систем водопостачання та каналізації [1].

Спостерігається найбільший антропогенний вплив на наступні водні об'єкти:

- річка Стир, до якої скидаються стічні води з очисних споруд міста Вараш та селища Зарічне, РОК "Біле озеро" ДП НАЕК "Енергоатом", а також промислово-зливові води ВП "Рівненська АЕС";

- річка Іква, на яку скидаються стічні води з комунальних очисних споруд міста Дубно та селища Млинів;
- річка Горинь, до якої скидаються стічні води з комунальних очисних споруд міста Острог, селища Гоща та Оржів, міста Дубровиця, а також від підприємств ТзОВ "ОДЕК Україна", Городищенської виправної колонії, ПАТ "Рівнеазот", та з дренажних вод із території її відвалів фосфогіпсів;
- річка Замчисько, на яку скидаються стічні води з комунальних очисних споруд міста Костопіль та підприємств ЗАТ "Костопільський завод скловиробів", ТзОВ "Хмизи сервіс" (Костопільський молокозавод), та ТзОВ "Свиспан Лімітед";
- річка Устя, на яку скидаються стічні води з комунальних очисних споруд селища Квасилів, села Зоря, міста Рівне, а також зливі води міста Рівне;
- річка Случ, на яку скидаються стічні води з комунальних очисних споруд міст Березне та Сарни, КП "Обласна психіатрична лікарня" села Орлівка Сарненського району, підприємства ТзОВ "Папірінвест" села Моквин Костопільського району, ТОВ "Свиспан Лімітед", ДП "Зірненський спиртовий завод", ТОВ "Завод металевих виробів" міста Сарни [1].

У зв'язку з недостатньою потужністю каналізаційних очисних споруд у місті Рівне підприємство зазнає значних втрат у зв'язку з перекачуванням і очищенням стоків до каналізаційних очисних споруд "Рівнеазот". Протягом 2022 року на власних каналізаційних очисних спорудах міста було очищено 7765,01 тис. м³ стоків, з яких 5674,68 тис. м³ передано на очищення до каналізаційних очисних споруд ПрАТ "Рівнеазот". Річні витрати на перекачування стоків до каналізаційних очисних споруд ПрАТ "Рівнеазот" становлять приблизно 2,0 млн. кВт*год. електроенергії [1].

З урахуванням вищезазначеного та враховуючи, що перекачування стоків до ПрАТ "Рівнеазот" потребує великих енергетичних затрат, першочерговим завданням для міста Рівне є будівництво нових каналізаційних очисних споруд [1].

Каналізаційні споруди міста, побудовані ще в 1964 році, мають ознаки зносу та застарілості. Тому негайно потрібна їхня реконструкція та підвищення

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

потужності до 60 тис. м³/добу. Це необхідно для забезпечення ефективного очищення стічних вод та відповідності нормам ГДС [1].

Значний знос і моральне застаріння житлово-комунальної інфраструктури, недостатня ефективність у сфері управління відходами, а також погіршення якості водойм області не можуть бути вирішені в умовах інерції, коли зовнішні та внутрішні фактори залишаються незмінними (активні воєнні дії тривають при послабленні зовнішньої бюджетної та військової підтримки України, прискорюється зменшення чисельності населення через втрати війни та еміграцію, сповільнюється реформування, деградує система управління, інтеграція з ЄС сповільнюється) [1].

2.2. Аналіз проблеми підвищення ефективності біологічного очищення стічних вод шляхом використання іммобілізованих на носіях мікроорганізмів

В останні роки використання носіїв з іммобілізованими мікроорганізмами IFAS (*integrated fixed-film activated sludge*) - активний мул, іммобілізований у вигляді біоплівки на поверхні носія) все частіше почали використовувати як засіб покращення очисних властивостей аеротенків [19].

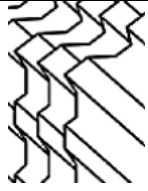



Процес очищення IFAS поєднує традиційні технології очищення стічних вод за допомогою активного мула та біоплівки в одному реакторі. Хоча системи IFA можуть відрізнятися за складовими, типова конструкція біореактора IFA являє собою аеротенк, у який в певні зони введено носії біомаси. В результаті цього утворюються дві різні біологічні популяції, які діють синергічно. Активний мул розкладає більшу частину органічного навантаження, а біоплівка створює потужну нітрифікуючу популяцію, яка забезпечує окислення сполук азоту [20].

2.2.1. Типи носіїв, що використовуються у IFAS

Типи носіїв, що використовуються у IFA поділяються на дві основні категорії: дисперсні носії, які розподіляються по всьому аеротенку, і фіксовані носії, які закріплюються (Табл. 12) [20].

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Табл. 12. Типи носіїв IFAS [21]

Назва	Структура	Переваги	Недоліки
Фіксовані носії			
Структуровані листи у вигляді блочних елементів з полівінілхлориду		Прості в установці; низька вартість установки; відсутність матеріальних збитків	Може засмічуватися, якщо забруднення не видаляється достатньою мірою
Носії у вигляді тканинного полотна		Прості в установці; відсутність матеріальних збитків	Схильність до розмноження <i>Tubifex tubifex</i> ; може засмічуватися, якщо забруднення не видаляється достатньою мірою
Дисперсні носії			
Поліпропіленові ребристі циліндри		Ефективне перемішування; велика площа поверхні	Втрати носія (вимивання або зношування); аераційне обладнання та решітки можуть забруднюватися: складність в обслуговуванні системи аерації
Губки			

Носії мотузкового типу, які встановлюються на стійках розміщених у аеротенку, спочатку були розроблені в Японії з метою досягнення більш ефективного зниження БСК. Згодом носії мотузкового типу були застосовані у Німеччині для модернізації очисних споруд з метою збільшення ефективності процесу нітрифікації, а згодом у Північній Америці для зниження БСК та інтенсифікації нітрифікації. Переважно, описана технологія застосовується в спорудах, з аеробними умовами або з чергуванням аеробних та анаеробних умов [19].

Дисперсні носії мають переваги ефективного перемішування та великої площі поверхні. Також перевагою дисперсних носіїв є те, що вони самоочищаються, не потребуючи зворотного промивання при інтенсивному перемішуванні. Крім того, що системи з носіями є економічно вигідними, вони також прості у експлуатації. Нерухомі носії можуть забезпечити більш ефективну

нітрифікацію в холодному кліматі, а біомаса є більш стійкою до гідравлічних ударів [20].

2.2.2. Економічне обґрунтування вибору IFAS

Сучасні біореактори IFAS, як правило, потребують меншого об'єму і, отже, мають меншу вартість, ніж традиційні аеротенки [21].

Під час модернізації існуючих аеротенків для підвищення ефективності або покращення процесу біологічного видалення органічних речовин системи IFAS дозволяють уникнути додаткових витрат, пов'язаних з необхідністю збільшення об'єму, що був би потрібний для збільшення продуктивності активного мулу використовуючи класичні аеротенки [21].

Системи IFAS вимагають незначних або взагалі не вимагають додаткових експлуатаційних витрат. Однак потреба в постачанні кисню залишається [21].

Порівняння вартості різних систем IFAS

Дисперсні системи вимагають витрат на додаткові компоненти, такі як сітки, що утримують носій, повітрорудки або промивні насоси для регенерації губки [21].

Замість порівняння різних конструкцій IFA лише за площею поверхні носія, слід враховувати вартість видалення певного навантаження $\text{NH}_3\text{-N}$. Виходячи з найсучасніших доступних на сьогоднішній день систем, вартість очищення одного фунта $\text{NH}_3\text{-N}$, видаленого за добу в системі IFA з фіксованим носієм, приблизно на 1/3 менша, ніж вартість очищення одного фунта $\text{NH}_3\text{-N}$, видаленого за добу в системі IFA з диспергованим носієм [21].

2.2.3. Біоплівкові реактори з рухомим шаром носія - MBBR

Активний мул застосовують як в IFAS, так і в біоплівкових реакторах з рухомим шаром носія MBBR (*moving-bed biofilm reactor*). Процес MBBR відрізняється від IFAS відсутністю зворотного активного мулу, тому в MBBR використовують лише іммобілізовані на носіях МО у вигляді біоплівки [19].

За останні 20 років MBBR зарекомендував себе як проста, але надійна, гнучка і компактна споруда для біологічного очищення стічних вод. Використання MBBR дозволяє досягти ефективного зниження показника БСК, окислення аміаку та

видалення інших сполук азоту для різних за складом стічних вод, враховуючи вимоги скиду у природні водойми [19].

У реакторах з рухомих шаром носія використовуються пластикові елементи-носії для прикріплення біоплівки, які утримуються в завислому стані у всьому об'ємі реактора за рахунок турбулентної енергії, що передається аерацією, рециркуляцією рідини або енергією механічного перемішування. У більшості випадків реактор заповнюється носіями на одну-дві третини. Перфоровані пластини або сітки, розташовані на вихідному кінці реактора, дозволяють очищеній воді проходити на наступний етап очищення, але затримують носії всередині реактора [19].

Аеротенки MBBR відкриті зверху, завдяки чому вода має доступ до повітря, що робить цей процес аеробним. Аеротенк заповнений тисячами маленьких пластикових носіїв. Ці носії можуть займати від 50 до 70% об'єму резервуара. Їх конструкція максимізує площу поверхні, на якій росте біоплівка. Густина носіїв дорівнює густині води, що дозволяє їм розміщатись по всій рідині, а не вспливати чи тонути. На дні аеротенка розташована аераційна решітка, яка забезпечує контактування носіїв зі стічною водою та надходження більшої кількості кисню в аеротенк. Біля вихідного отвору на резервуарі прикріплений сітчастий матеріал, який пропускає воду, але утримує пластикові носії всередині аеротенку [20].

2.2.4. Приклади використання MBBR для очищення стічних вод

Дослідження реакторів MBBR допомагають отримати уявлення про те, як ця технологія застосовується для вирішення різноманітних завдань і ситуацій [19]:

(1) Зниження БСК:

- Очисні споруди Moa Point WWTP (Веллінгтон, Нова Зеландія)-MBBR/контакт з твердими речовинами;

(2) Нітрифікація:

- Харрісбургська станція очистки стічних вод (Харрісбург, Пенсильванія) - третинний метантенк (пілотне дослідження);

- Мурхедська ВЕС (Мурхед, Міннесота) - третинні метантенки;

(3) Видалення азоту:

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- WilliamsMonacoWWTP (Хендерсон, Колорадо) - кілька МББР з попередньою денітрифікацією;
- очисні споруди Клагшам/Сьолунда (Мальме, Швеція) - метантенки після денітрифікації;
- Гардемоенська станція очистки стічних вод (Гардемоен, Норвегія) - кілька мембранних біореакторів з денітрифікацією

2.2.5. Переваги технології MBBR

Як і інші процеси активного мулу, інтегрованого у фіксованій біоплівці, MBBR сприяють створенню високоспеціалізованої біоплівки, яка добре підходить для конкретних умов в реакторі. Ця біомаса забезпечує високу об'ємну ефективність і підвищену стабільність процесу, що дозволяє зробити аеротенк більш компактним [19].

На відміну від більшості інших біоплівкових процесів у зануреному шарі, у реакторах MBBR відбувається безперервний проточний процес, що усуває необхідність зворотного промивання носія для підтримки пропускної здатності і продуктивності; таким чином, втрати потужності і операційна складність етапу очищення зведені до мінімуму [19].

Реактори з рухомим шаром відрізняються такою ж гнучкістю і простотою технологічної схеми, як і класичне біологічне очищення з використанням активного мулу, дозволяючи об'єднати декілька реакторів у послідовну проточну схему для досягнення декількох цілей очищення (наприклад, зниження БСК, нітрифікації, а також денітрифікації) [19].

На відміну від процесів з активним мулом, біологічне очищення в MBBR не залежить від ефективності вторинного відстоювання, оскільки більша частина активної біомаси постійно утримується в реакторі. Концентрація твердих частинок на виході з реактора принаймні на порядок нижча. Тому MBBR сумісні з різними методами сепарації, а не лише зі звичайними відстійниками [19].

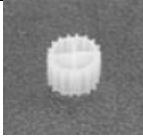
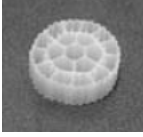
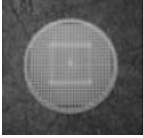
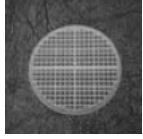
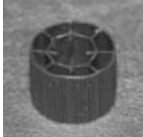
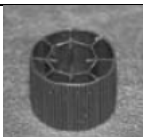
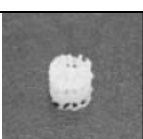


Отже, універсальність MBBR дозволяє використання різних типів реакторів та носіїв з різною формою поверхні. Це робить MBBR придатними для модернізації існуючих аеротенків [19].

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

2.2.6. Пластикові носії MBBR

Компанія AnoxKaldnes (Швеція) та ряд інших виробників протягом багатьох років розробили низку носіїв, використовуючи різні конструкції, матеріали та технології виробництва (Табл. 13).

Табл.13. Типи пластикових носіїв [19]

Назва виробника	Назва носія	Площа питомої поверхні насипного матеріалу	Номинальні розміри носія (висота; діаметр)	Зображення носія
Veolia, Inc.	AnoxKaldnes™ K1	500 м ² /м ³	7 мм; 9 мм	
	AnoxKaldnes™ K3	500 м ² /м ³	12 мм; 25 мм	
	AnoxKaldnes™ biofilm chip (M)	1200 м ² /м ³	2 мм; 48 мм	
	AnoxKaldnes™ biofilm chip (P)	900 м ² /м ³	2 мм; 48 мм	
Infilco Degremont, Inc.	ActiveCell™ 450	450 м ² /м ³	15 мм; 22 мм	
	ActiveCell™ 515	515 м ² /м ³	15 мм; 22 мм	
Siemens Water Technologies Corp.	ABC4™	600 м ² /м ³	14 мм; 14 мм	
	ABC5™	660 м ² /м ³	12 мм; 12 мм	
Entex Technologies, Inc.	Bioportz™	589 м ² /м ³	14 мм; 18 мм	

2.2.7. Проектування реакторів з рухомими носіями

Ефективність MBBR досягається за допомогою декількох послідовно з'єднаних реакторів кожен з яких призначений для виконання певної стадії очищення стічних вод багатоступеневої технології. Це доцільно, оскільки кожен реактор сприяє розвитку спеціалізованої біоплівки, орієнтованої на досягнення певної мети очищення, виходячи з умов, встановлених в реакторі (наприклад, наявність акцептора електронів чи донора електронів) [19].

Наступні загальні принципи є важливими для проектування MBBR.

1. Питома швидкість СВ

Необхідно враховувати очікувану пікову швидкість (швидкість потоку, поділену на площу поперечного перерізу реактора) під час високошвидкісного проходження потоку через реактор MBBR. При нижчих швидкостях на вході (наприклад, 20 м/год) носії залишатимуться рівномірно розподіленими по всьому реактору. Однак, при більш високих швидкостях (наприклад, >35 м/год) носії будуть мігрувати, що призведе до високих втрат напору, створюючи неприйнятні умови. У деяких конструкціях розміри реактора і кількість носіїв можуть бути обумовлені піковими гідравлічними умовами. Важливо враховувати відношення довжини до ширини споруди. Загалом, відношення довжина/ширина реактора 1:1 або менше зменшує міграцію носіїв, яка відбувається в умовах пікових витрат [19].

2. Піноутворення

Хоча це і рідкість, але випадки піноутворення іноді можуть виникати в реакторах MBBR, особливо під час запуску або під час порушення технологічного процесу. Піна затримується в MBBR, оскільки перегородка між двома послідовними реакторами знаходиться над поверхнею води. Необхідним є використання піногасників, які не містять кремнеземних сполук, оскільки ці типи піногасників несумісні з пластиковими носіями [19].

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

2.3. Обґрунтування та вибір технології очищення СВ міста Рівне та молокопереробного заводу

Технологія очистки міських стічних вод обирається в залежності від витрати міських стічних вод, місцевих умов очисної станції, складу та концентрації забруднень у стічних водах, гідродинамічних характеристик та вмісту забруднень у природній водоймі, у яку здійснюється скид, наявності необхідності у додатковому очищенні стічних вод, методу утилізації утворених осадів та ін.

Витрати міських стічних вод міста Рівне становить 94000 м³/добу (господарсько-побутові стічні – води 92200 м³/добу, виробничі стічні води – 1800 м³/добу). Концентрація забруднень у стічних водах міста Рівне та молокопереробного заводу, згідно з розрахунками концентрація завислих речовин становить 228 мг/дм³, показник БСК_{повн} – 276 мг/дм³. Необхідний ступінь очищення стічних вод, згідно розрахунків ГДК за завислими речовинами становить: $C_{зр} = 18,71$ мг/дм³, БСК_{повн} – 10,21 мг/дм³. Отримані значення ГДК для завислих речовин та БСК_{повн} свідчать про достатність повного біологічного очищення, відповідно додаткове доочищення не потрібно передбачати при проектуванні очисних споруд. В запропонованій технології пропонується анаеробне зброджування в метантенку з отриманням біогазу;

Враховуючи наведені вище фактори для очищення суміші господарського-побутових стічних вод міста Рівне та попереднього очищених стічних вод молокопереробного заводу була обрана технологія наведена на рисунку 14.

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

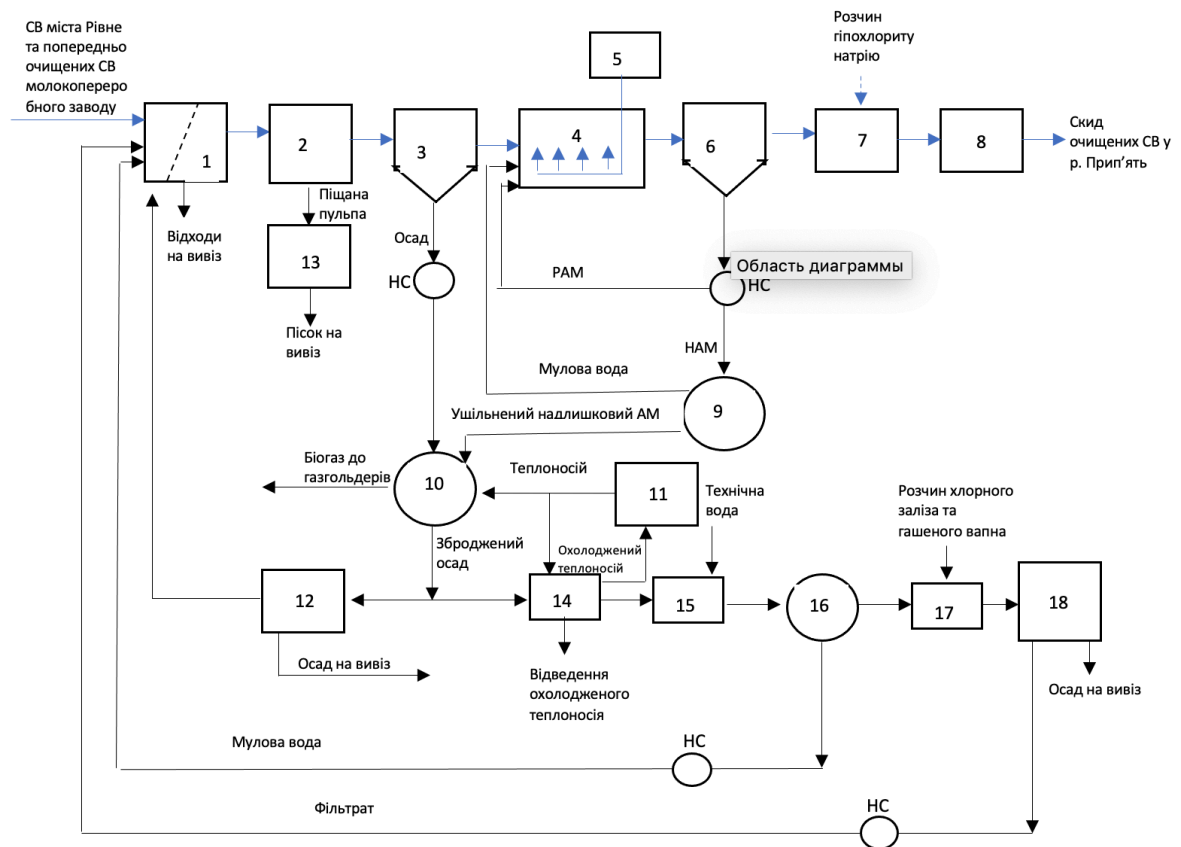


Рис.14. Технологія очищення стічних вод міста Рівне та молокопереробного заводу:

1 – решітки, 2 – пісковловлювач, 3 – первинний відстійник, 4 – аеротенк, 5 – повітрорудувна станція, 6 – вторинний відстійник, 7 – змішувач води з знезаражуючим реагентом, 8 – контактний резервуар, 9 – мулоущільнювач, 10 – метантенк, 11 – котельня, 12 – аварійні мулові майданчики, 13 – піскові майданчики, 14 – камера дегельмінтизації, 15 – камера промивки осаду, 16 – згущувач осаду, 17 – камера реакції, 18 – фільтр-прес, АМ – активний мул, НАМ – надлишковий активний мул, рАМ – рециркуляційний активний мул, НС – насосна станція

У обраній технології враховане високе навантаження за сполуками азоту, що можна прибрати використовуючи іммобілізованих носіїв у аеротенку. Використання носіїв MBBR AnoxKaldnes™ K1 дозволяє досягти ефективного зниження показника БСК, окислення аміаку та видалення інших сполук азоту для різних за складом стічних вод, враховуючи вимоги скиду у річку Прип'ять. Іммобілізована біоплівка забезпечує високу об'ємну ефективність і підвищену

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КББЕ.БМ0114.ПЗ

Арк.

45

стабільність процесу, що дозволяє зробити аеротенк більш компактним.

2.4. Характеристика біологічного агенту аеробного очищення стічних вод

В аеротенках відбувається біологічне очищення води. Це відкрите залізобетонне спорудження, через яке протікає стічна вода, що містить органічні забруднення та активний мул. Суспензія мулу в стічній воді піддається аерації повітрям протягом усього перебування в аеротенкові. Інтенсивна аерація суспензії активного мулу киснем призводить до відновлення його здатності сорбувати органічні домішки [22].

Біологічне очищення води базується на діяльності активного мулу (АМ) або біоплівки, що є природно утвореним біоценозом, що розвивається на кожному конкретному підприємстві залежно від складу стічних вод та обраного режиму очищення. Активний мул представляє собою темно-коричневі пластівці, розміром до декількох сотень мікрметрів, з яких 70% складають живі організми, а 30% - тверді частки неорганічного походження. Живі організми, разом із твердими носіями, утворюють зоомул - симбіоз популяцій мікроорганізмів, що покритий загальною слизовою оболонкою. Мікроорганізми, виділені з активного мулу, належать до різних родів, таких як *Actynomyces*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Bacterium*, *Corynebacterium*, *Desulfomonas*, *Pseudomonas*, *Sarcina*, та інші. Найбільш поширеними бактеріями є ті, що належать до роду *Pseudomonas*, які мають здатність до розкладання різних органічних речовин [22].

Важливу роль у формуванні та функціонуванні активного мулу виконують найпростіші організми. Найпростіші виконують різноманітні функції, такі як регулювання вікового та видового складу мікроорганізмів в активному мулі, що підтримує його стабільність. Ці організми не споживають органічних речовин самі, але беруть роль у підтриманні біоценозу. Шляхом участі найпростіших у харчових ланцюгах бактерій, найпростіші сприяють виділенню бактеріальних екзоферментів, які, в свою чергу, сприяють розкладанню забруднень. В активному мулі наявні представники чотирьох класів найпростіших: саркодові (*Sarcodina*),

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		46

джгутикові інфузорії (*Mastigophora*), війчасті інфузорії (*Ciliata*), та всмоктуючі інфузорії (*Suctoria*) [22].

Якість активного мулу визначається за допомогою коефіцієнта протозойності, який вказує на співвідношення клітин найпростіших мікроорганізмів до кількості бактерій. У високоякісному мулі на кожні мільйон бактерій припадає від 10 до 15 клітин найпростіших. При зміні складу стічної води може збільшитися кількість одного виду мікроорганізмів, але інші культури залишаються стабільними у біоценозі [22].

Формування ценозів активного мулу залежить від коливань температури, рівню кисню та присутністю мінеральних компонентів. Все це призводить до складного і унікального складу. Ефективність роботи очисних споруд також залежить від концентрації мікроорганізмів у стічних водах та віку активного мулу. У типових аеротенках поточна концентрація активного мулу зазвичай не перевищує 2–4 г/л [22].

Підвищення концентрації мулу у стічній воді призводить до прискорення швидкості очищення, але потребує посилення аерації для забезпечення необхідного рівня кисню. Таким чином, аеробний розклад СВ включає такі етапи:

1. адсорбція субстрату на поверхні клітин;
2. розщеплення адсорбованого субстрату за допомогою позаклітинних ферментів;
3. поглинання розчинених речовин клітинами;
4. ріст та ендогенне дихання;
5. вивільнення продуктів обробки;
6. заміщення первинної популяції організмів вторинними [22].

Очищена вода та активний мул з аеротенка подаються у вторинний відстійник, де відбувається розділення активного мулу від води. Частина активного мулу повертається у систему очищення, а надлишок, що утворився внаслідок росту мікроорганізмів, направляється на мулові площадки для висушування та вивезення на поля. Також можливий анаеробний розклад надлишкового активного мулу.

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

Оброблений активний мул може використовуватися як добриво або корм для риб і худоби [22].

Біоциноз аеротенка з рухомим шаром носія відрізняється від звичайного аеротенка тим, що в ньому наявні дві різні бактеріальні спільноти. Біоплівки, іммобілізовані на носіях, характеризуються домінуванням анаеробних сульфатвідновлювальних бактерій (SRB), включаючи *Desulfobacteriales* та *Clostridia*. На противагу цьому, суспендований активний мул має більш різноманітний біоциноз, що включає аероби.

Біологічний агент в основному утримується в реакторі у вигляді біоплівки на носіях, а менша фракція присутня в суспензії у вигляді вільноплаваючих організмів або невеликих флокул. Відмінності в біоцинозі пояснюються тим, що системи MBBR підтримують розвиток мікробних біоплівок, в яких мікросередовище підтримує ріст як анаеробних, так і аеробних. Наявність зниженого градієнту кисню в товщі біоплівок сприяє росту анаеробних бактерій, що окислюють аміак, таких як *Planctomycetes sp.*, *Rhizobium sp.* та *Agrobacter sp.* Асоціація цих організмів з нітритоокислювальними бактеріями, такими як *Nitrospira sp.* забезпечує одночасну нітрифікацію та денітрифікацію в цих системах [23].

Видалення азоту зі стічних вод привертає все більшу увагу через суворі екологічні норми щодо скидання азоту. Біологічне очищення є одним з найбільш економічних процесів видалення азоту. У той час як традиційні біологічні процеси видалення азоту зазвичай використовують щонайменше два окремі реактори для аеробної нітрифікації та анаеробної денітрифікації, біоплівкові системи виявляють певні переваги у видаленні азоту в одному біореакторі. Доведено, що біоплівкові реактори з рухомим шаром (MBBR), які піддаються впливу анаеробних та аеробних умов, що чергуються, придатні для видалення азоту) [24].

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТА ОЧИСНИХ СПОРУД

3.1 Розрахунок витрат стічних вод

На міські очисні споруди надходять господарсько-побутові стічні води міста Рівне витратою 92200 м³/добу (за завданням) і попередньо очищені на локальних очисних спорудах стічні води молокопереробного заводу витратою 1800 м³/добу (за завданням).

Середня витрата стічних вод міста та молокопереробного підприємства складає:

$$92200 + 1800 = 94000 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Середньогодинна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сер.год}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24} = \frac{94000}{24} = 3917 \text{ м}^3/\text{год}$$

Середньосекундна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сер.с}} = \frac{Q_{\text{сер.год}}}{3600} = \frac{3917}{3600} = 1,088 \text{ м}^3/\text{с}$$

Середньосекундна витрата в дм³ становить:

$$q_{\text{сер.с}} = Q_{\text{сер.с}} \cdot 1000 = 1,088 \cdot 1000 = 1088 \text{ дм}^3/\text{с}$$

Максимальна та мінімальні секундні витрати стічних вод становлять:

$$q_{\text{max.с}} = K_{\text{max}} \cdot q_{\text{сер.с}} = 1,47 \cdot 1088 = 1599 \text{ дм}^3/\text{с}$$

$$q_{\text{min.с}} = K_{\text{min}} \cdot q_{\text{сер.с}} = 0,69 \cdot 1088 = 751 \text{ дм}^3/\text{с}$$

де K_{max} – коефіцієнт максимальної нерівномірності водовідведення [15];

K_{min} – коефіцієнт мінімальної нерівномірності водовідведення [15];

$q_{\text{сер.с}}$ – середньосекундна витрата господарсько-побутових стічних вод, дм³/

с.

Максимальна годинна витрата стічних вод визначається за формулою:

$$Q_{\text{max}} = 3,6 \cdot q_{\text{max.с}} = 3,6 \cdot 1599 = 5756 \text{ м}^3/\text{год}$$

					КББЕ.БМ0114.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Самченко К.Ю.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Саблій Л.А.</i>					49	93
<i>Реценз.</i>					КПІ ім. І. Сікорського ФБТ		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд</i>							
ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТА ОЧИСНИХ СПОРУД							

3.2. Розрахункові концентрації забруднюючих речовин стічних вод

Концентрація забруднень господарсько-побутових стічних вод визначається за формулою [15]:

$$C = \frac{a \cdot N}{Q_{\text{поб}}}, \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3},$$

де a – кількість забруднювальних речовин на одного жителя, г/добу приймається [15]:

- 65 г/добу - завислих речовин;

- 75 г/добу – БСКповн;

- 2,5 г/добу – ПАР;

- N – кількість жителів міста, визначається з врахуванням норми водовідведення – $n_{\text{в}} = 280 \text{ дм}^3/\text{добу} \cdot \text{люд}$;

$$N = \frac{92200 \cdot 1000}{280} = 329285 \text{ люд}$$

Концентрація завислих речовин у господарсько-побутових стічних водах [15]:

$$C_{\text{ЗР}} = \frac{a_{\text{ЗР}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{65 \cdot 329285}{92200} = 232 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$$

Концентрація органічних речовин за БСКповн у господарсько-побутових стічних водах [15]:

$$C_{\text{БСК}} = \frac{a_{\text{ЗР}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{75 \cdot 329285}{92200} = 268 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$$

Концентрація ПАР у господарсько-побутових стічних водах [15]:

$$C_{\text{ПАР}} = \frac{a_{\text{ЗР}} \cdot N}{Q_{\text{поб}}} = \frac{2,5 \cdot 329285}{92200} = 8,9 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$$

Концентрація завислих речовин у суміші виробничих та господарсько-побутових стічних вод:

$$C_{\text{сум,ЗР}} = \frac{C_{\text{ЗР}} \cdot Q_{\text{сер,доб}} + C_{\text{вир,ЗР}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{сер,доб}} + Q_{\text{вир}}} = \frac{232 \cdot 92200 + 16,2 \cdot 1800}{92200 + 1800} = 228 \text{ мг/дм}^3$$

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

де $C_{\text{вир.зр}}$ – концентрація завислих речовин молокопереробного заводу, мг/дм³.

Концентрація органічних речовин за БСК_{повн} у суміші виробничих та господарсько-побутових стічних вод:

$$C_{\text{сум,БСК}} = \frac{C_{\text{БСК}} \cdot Q_{\text{сер.доб}} + C_{\text{вир.БСК}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{сер.доб}} + Q_{\text{вир}}} = \frac{278 \cdot 92200 + 188 \cdot 1800}{92200 + 1800} = 276 \text{ мг/дм}^3$$

де $C_{\text{вир.БСК}}$ – концентрація БСК молокопереробного заводу, мг/дм³.

Концентрація ПАР у суміші виробничих та господарсько-побутових стічних вод:

$$C_{\text{сум,ПАР}} = \frac{C_{\text{ПАР}} \cdot Q_{\text{сер.доб}} + C_{\text{вир,ПАР}} \cdot Q_{\text{вир}}}{Q_{\text{сер.доб}} + Q_{\text{вир}}} = \frac{9,3 \cdot 92200 + 0 \cdot 1800}{92200 + 1800} = 9,1 \text{ мг/дм}^3$$

де $C_{\text{вир.БСК}}$ – концентрація ПАР молокопереробного заводу, мг/дм³.

3.3 Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод

Річка Прип'ять належить до господарсько-питної категорії та характеризується нормативами забрудненості води і ГДК деяких забруднюючих речовин у розрахунковому створі водойми, що наведені у табл. 15.

Табл. 15. Нормативи забрудненості води і ГДК деяких забруднюючих речовин у розрахунковому створі водойми [15]

Показник	Одиниця виміру	ГДК для господарсько-питного користування
Розчинений кисень	мг/дм ³	≥ 4
БСКповн за температури 20°C	мг О ₂ /дм ³	≤ 3
Підвищення концентрації завислих речовин не більше ніж на	мг/дм ³	0,25
ХСК	мг О ₂ /дм ³	≤ 15
рН		6,5-8,5
Загальна мінералізація (за сухим залишком)	мг/дм ³	1000
Хлориди	мг/дм ³	350

Сульфати	мг/дм ³	500
Аміак (за азотом)	мг/дм ³	2
Амоній	мг/дм ³	2
Нітрати	мг/дм ³	45
Нітрити	мг/дм ³	3,3
СПАР аніонні	мг/дм ³	0,5
СПАР нейоногенні	мг/дм ³	0,1
Нафтопродукти	мг/дм ³	0,3
Залізо	мг/дм ³	0,3
Цинк	мг/дм ³	1
Нікель	мг/дм ³	0,1
Мідь	мг/дм ³	1
Сірковуглець	мг/дм ³	1

3.3.1. Розрахунковий коефіцієнт змішування стічних вод з водою річки

Прип'ять

Необхідний ступінь очищення стічних вод розраховується за методом Фролова-Родзилера, в якому враховується змішування очищених стічних вод з водою річки.

Коефіцієнт турбулентної дифузії, який показує змішування стічної води з водою річки:

$$E_{cp} = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200} = \frac{1 \cdot 2,5}{200} = 0,0125$$

де V_{cp} – середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с. Згідно завдання $V_{cp} = 1$ м/с;

H_{cp} – середня глибина річки на тій же ділянці, м. Приймається $H_{cp} = 2,5$ м.

Коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування стічних вод з водою річки:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{сер.с}}} = 1,2 \cdot 1,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,0125}{1,088}} = 0,41$$

де φ – коефіцієнт звивистості річки, рівний відношенню відстані по фарватеру від місця випуску стічних вод до розрахункового створу до відстані між цими пунктами по прямій. Приймається $\varphi = 1,2$;

ξ – коефіцієнт, що залежить від місця і конструкції випуску стічних вод у водойму (при русловому випуску – 1,5; при береговому – 1,0). Оскільки прийнято русловий тип випуск, приймається $\xi = 1,5$;

$Q_{\text{сер.с}}$ – середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м³/с.

Коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q}{Q_{\text{сер.с}}}\right) e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - e^{-0,41 \sqrt[3]{2500}}}{1 + \left(\frac{16}{1,088}\right) e^{-0,41 \sqrt[3]{2500}}} = 0,94$$

де L – відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, м. Згідно завдання $L = 2500$ м;

Q – розрахункова витрата води в річці при 95% забезпеченості, м³/с. Згідно завдання $Q = 16$ м³/с;

$Q_{\text{сер.с}}$ – середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м³/с.

3.3.2. Необхідний ступінь очищення стічних вод

Гранично-допустима концентрація завислих речовин в очищеній стічній воді, що скидаються у річку Прип'ять, становить [15]:

$$C_{\text{зр}}^{\text{доп}} = p \left(\frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сер.с}}} + 1 \right) + C_{\text{ф}} = 0,25 \cdot \left(\frac{0,94 \cdot 16}{1,088} + 1 \right) + 15 = 18,71 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3}$$

де p - приріст концентрації завислих речовин у водоймі після випуску стічних вод, мг/дм³, $p = 0,25$ мг/дм³ для господарсько-питної водойми;

$C_{\text{ф}}$ - фонові концентрації завислих речовин у воді річки до місця випуску стічних вод, 15 мг/дм³ [15].

Гранично-допустиме значення БСК_{повн} (ГДС) стічних вод, що скидаються у водойму, визначається за формулою:

$$\begin{aligned} C_{\text{БСК}}^{\text{доп}} &= \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сер.с}}} \cdot \left(\frac{C_{\text{БСК}}^{\text{н}}}{10^{-k-t}} - C_{\text{БСК}}^{\text{ф}} \right) + \frac{C_{\text{БСК}}^{\text{н}}}{10^{-k-t}} \\ &= \frac{0,94 \cdot 16}{1,088} \cdot \left(\frac{3}{10^{-0,1 \cdot 0,029}} - 2,5 \right) + \frac{3}{10^{-0,1 \cdot 0,029}} = 10,21 \text{ мг/дм}^3 \end{aligned}$$

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

де $C_{БСК}^{дон}$ - гранично-допустиме значення БСК_{повн}, яке повинно бути досягнуто в процесі очищення стічних вод, мг/дм³;

$C_{БСК}''$ - гранично-допустиме значення БСК_{повн} (ГДК) у розрахунковому створі річки, 3 мг/дм³ для господарсько-питної водойми за температури 20°C;

$C_{БСК}^{\phi}$ - фонове значення БСК_{повн} у воді річки до місця випуску стічних вод, 2,5 мг/дм³;

k - константа швидкості споживання кисню у суміші річкової та стічних вод, 0,1 доба⁻¹ [7].

t - тривалість переміщення води від місця випуску до розрахункового створу, яка становить:

$$t = \frac{L}{V_{cp} \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{2500}{1 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,029 \text{ доб},$$

де L - відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, м;

V_{cp} - середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с [7].

$$\begin{aligned} C_{БСК}^{O_2} &= \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot Q_{сер.с}} \cdot (O_{\phi} - 0,4 \cdot C_{БСК}^{\phi} - O_{min}) - \frac{O_{min}}{0,4} \\ &= \frac{0,94 \cdot 16}{0,4 \cdot 1,088} \cdot (7 - 0,4 \cdot 2,5 - 4) - \frac{4}{0,4} = 59,12 \text{ мг/дм}^3 \end{aligned}$$

де $C_{БСК}^{O_2}$ - БСК_{повн} стічних вод, яке потрібно досягнути в процесі очищення, мг/дм³;

O_{ϕ} - фонове значення розчиненого кисню у воді річки до місця випуску стічних вод, 7 мг/дм³;

O_{min} - найменша концентрація розчиненого кисню, яка повинна бути забезпечена у водоймі господарсько-питного призначення, 4 мг/дм³;

$C_{БСК}^{\phi}$ - фонове значення БСК_{повн} у воді річки до місця випуску стічних вод, 2,5 мг/дм³;

0,4 - коефіцієнт для перерахунку БСК_{повн} у БСК₂ [7].

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

Тривалість відстоювання стічних вод, при якій забезпечується необхідний ефект прояснення стічних вод, визначається за [15, дод. Д, табл. Д.1]:

Оскільки $C_{зр}^n = 228 \text{ мг/дм}^3$, $E_{set} = 34,2\%$, то за білінійною інтерполяцією:

$$t_{set} = 527 \text{ с}$$

Гідравлічна крупність частинок, які будуть затримуватись у первинних відстійниках, становить [15]:

$$U_0 = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,4}{1 \cdot 527 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 3,4}{0,5} \right)^{0,279}} = 2,12 \text{ мм/с}$$

де K_{set} - коефіцієнт використання об'єму, з [15, дод. Д, табл.Д.4] для радіального – 0,45; H_{set} – робоча глибина відстійника. З [15, дод. Д, табл.Д.6] приймаємо радіальний відстійник типу ТП 902-2-363.83, глибина – 3,4 м;

α - коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод. За [15, дод. Д, табл.Д.2] для 20 градусів Цельсія $\alpha = 1$;

t_{set} – тривалість освітлення стічних вод в циліндрі $h=0,5$ м в лабораторних умовах – 527 с;

n_2 – показник степеню, який залежить від агломерації частинок – 0,279.

Приймається за дод. Д, табл. Д.3 в залежності від $C_{зр}^n$ і E_{set} [15]:

Приймаємо найближче до 35 значення $E_{set} = 50\%$.

За значення $C_{зр}^n = 228 \text{ мг/дм}^3$ коефіцієнт $n_2 = 0,279$ (лінійна інтерполяція).

Визначається потрібна продуктивність первинного радіального відстійника [15]:

$$q_{set} = 2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2) \cdot (U_0 - v) = 2,8 \cdot 0,45 \cdot (24^2 - 1,6^2) \cdot (2,12 - 0) = 1532 \text{ м}^3/\text{год}$$

де D – діаметр відстійника – 24 м;

d – діаметр розподільного пристрою радіального відстійника – 1,6 м.

Приймається з [15, дод. Д, табл. Д.6];

v - турбулентна складова швидкості води у відстійнику, мм/с. Приймається в залежності від швидкості руху стічних вод у споруді. Приймаємо швидкість 5 мм/с, тоді $v = 0$.

Кількість первинних відстійників визначається за формулою [15]:

$$N = \frac{Q_{max}}{q_{set}} = \frac{5756}{1532} = 3,76 = 4 \text{ шт}$$

де Q_{max} – максимальна витрата суміші стічних вод – 5756 м³/год.

Приймається 4 первинних радіальних відстійників діаметром 24 м.

Перевіряємо розрахунок:

Розраховуємо фактичну продуктивність одного радіального відстійника діаметром 24 м за формулою [10]:

$$q_{\phi} = \frac{Q_{max}}{N_{\phi}} = \frac{5756}{4} = 1439 \text{ м}^3/\text{год}$$

Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить [10]:

$$U_0^{\phi} = \frac{q_{\phi}}{2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{1439}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (24^2 - 1,6^2)} = 1,99 \text{ мм/с}$$

Фактична тривалість перебування стічних вод у первинному відстійнику становить [10]:

$$t_{set}^{\phi} = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot U_0^{\phi} \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h}\right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,4}{1 \cdot 1,99 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 3,4}{0,5}\right)^{0,275}} = 565 \text{ с}$$

Фактична ефективність прояснення стічних вод при $C_{поч} = 228 \text{ мг/дм}^3$ і $t_{set}^{\phi} = 565 \text{ с}$ становить [15, дод. Д, табл. Д.1]:

При $C_{поч} = 228 \text{ мг/дм}^3$ для $E = 30\%$ показник $t_{set} = 478 \text{ с}$ (отримано інтерполяцією);

При $C_{поч} = 228 \text{ мг/дм}^3$ для $E = 40\%$ показник $t_{set} = 594 \text{ с}$ (отримано інтерполяцією);

$E^{\phi} = 37,5\%$ (згідно лінійної інтерполяції);

При отриманому E^{ϕ} концентрація завислих речовин [15]:

$$C_{ЗР}^{к.ф.} = C_{ЗР}^n - \frac{E_{\phi} \cdot C_{ЗР}^n}{100} = 228 - \frac{37,5 \cdot 228}{100} = 142,5 \text{ мг/дм}^3$$

Маса сухої речовини осаду, що затримується у первинних відстійниках, становить [15]:

$$M_{oc} = \frac{(C_{3P}^n - C_{3P}^{к.ф.}) \cdot Q_{сер.д.} \cdot K}{10^6} = \frac{(228 - 142,5) \cdot 94000 \cdot 1,2}{10^6} = 9,64 \text{ т/добу}$$

де $Q_{сер.доб}$ - витрата стічних вод, м³/добу;

$K = 1,1-1,2$ коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму осаду за рахунок крупних часток зависі, які не виявляються при відборі проб для аналізу.

Добовий об'єм осаду [15]:

$$V = \frac{100 \cdot M_{oc}}{(100 - W_{oc}) \cdot \gamma} = \frac{100 \cdot 9,64}{(100 - 95) \cdot 1} = 192,8 \text{ м}^3$$

де W_{oc} – вологість осаду – 95%; γ - густина осаду – 1 т/м³.

Отже, прийнято 4 радіальних первинних відстійників з такими параметрами:

Типовий проєкт – ТП 902-2-362.83;

Діаметр відстійника – 24 м;

Діаметр розподільного пристрою – 1,6 м;

Гідравлічна глибина – 3,4 м;

Висота зони осаду – 0,3 м;

Об'єм зони осаду – 210 м³.

3.4.2 Розрахунок аеротенків

Для біологічного очищення СВ прийняті аеротенки з пневматичною системою аерації.

Показник БСК_{повн} стічних вод в неочищених водах становить 276 мг/дм³, концентрація завислих $C_{зр}^{к.ф.} = 142,5$ мг/дм³.

Середньорічна температура стічних вод 20°C (з завдання).

Значення БСК_{повн} стічних вод, які надходять в аеротенк, становить [15]:

$$C_{сум,БСК}^a = 276 - 276 \cdot \frac{10}{100} = 248,4 \text{ мг/дм}^3$$

де $C_{сум,БСК}^a$ - показник БСК_{повн} стічних вод, що надходять в аеротенк, з врахуванням зниження БСК_{повн} після первинного відстоювання на 10%;

Згідно з ДБН, при величині БСК_{повн} < 500 мг/дм³ доцільно прийняти аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу (БСК_{повн} > 150 мг/дм³).

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$R = \frac{a_a}{\frac{1000}{J} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{85} - 2,5} = 0,27$$

де a_a – доза мулу, що прийнята 2,5 г/дм³;

J – муловий індекс, який прийнято 85 см³/г [15].

Згідно [15, дод. В, п.В.2.3], значення R при видаленні активного мулу з вторинних відстійників за допомогою мулососів приймається не менше 0,3, тому для подальших розрахунків приймається $R = 0,3$.

Доза активного мулу в регенераторі визначається за формулою [15]:

$$a_p = a_a \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot R} + 1 \right) = 2,5 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 0,3} + 1 \right) = 6,67 \text{ г/дм}^3$$

Концентрація органічних забруднень за БСК_{повн} в суміші стічних вод та циркуляційного активного мулу визначається за формулою [15]:

$$L_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a + C_{\text{БСК}}^k \cdot R}{1 + R} = \frac{248,4 + 15 \cdot 0,3}{1 + 0,3} = 194,54 \text{ мг/дм}^3$$

Де $C_{\text{сум,БСК}}^a$ - показник БСК_{повн} стічних вод, що надходять в аеротенк, з врахуванням зниження БСК_{повн} після первинного відстоювання на 10%, - 248,4 мг/дм³;

$C_{\text{БСК}}^k$ - показник БСК_{повн} в очищеній воді після повного біологічного очищення, приймається 15 мг/дм³.

Тривалість обробки стічних вод в аеротенку визначається за формулою [15]:

$$t_a = \frac{2,5}{\sqrt{a_a}} \lg \frac{L_{\text{сум}}}{C_{\text{БСК}}^k} = \frac{2,5}{\sqrt{2,5}} \lg \frac{194,54}{15} = 1,76 \text{ год}$$

Питома швидкість окиснення забруднень активним мулом визначається за формулою [15]:

$$\begin{aligned} \rho &= \rho_{\text{max}} \cdot \frac{C_{\text{БСК}}^k \cdot C_0}{C_{\text{БСК}}^k \cdot C_0 + K_L \cdot C_0 + K_0 \cdot C_{\text{БСК}}^k} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_p} \\ &= 85 \cdot \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 6,67} \\ &= 16,5 \text{ мг/(г} \cdot \text{год)} \end{aligned}$$

де $\rho_{max} = 85$ мг/(г·год) – максимальна швидкість окиснення стічних вод за [15, дод. Е, табл. Е.1];

C_o – концентрація розчиненого кисню в муловій суміші, яка приймається 2 мг/дм³;

K_L – константа, яка характеризує властивості органічних забруднень, складає 33 мг·БСК_{повн}/дм³ за [15, дод. Е, табл.Е.1];

K_o – константа, яка характеризує вплив кисню, становить 0,625 мгО₂/дм³ за [15, дод. Е, табл. Е.1];

φ – коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, складає 0,07 дм³/г за [15, дод. Е, табл. Е.1].

Тривалість окиснення органічних забруднень визначається за формулою [15]:

$$t_0 = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^k}{a_p \cdot (1 - S) \cdot \rho \cdot R} \cdot \frac{15}{T_{\text{сер,р}}} = \frac{248,4 - 15}{6,67 \cdot (1 - 0,3) \cdot 16,5 \cdot 0,3} \cdot \frac{15}{20} = 7,57 \text{ год}$$

де S – зольність активного мулу, приймається 0,3 за [15, дод. Е, табл. Е.1];

$T_{\text{сер,р}}$ – середньорічна температура стічних вод, приймається 20 °С.

Тривалість регенерації активного мулу [15]:

$$t_p = t_0 - t_a = 7,57 - 1,76 = 5,81 \text{ год}$$

Середня тривалість перебування стічних вод в системі аеротенк-регенератор буде дорівнювати [15]:

$$t_{\text{сер}} = (1 + R) \cdot t_a + t_p \cdot R = (1 + 0,3) \cdot 1,76 + 5,81 \cdot 0,3 = 4,03 \text{ год}$$

Середня доза активного мулу в системі аеротенк-регенератор визначається за формулою [10]:

$$a_{\text{сер}} = \frac{a_a \cdot (1 + R) \cdot t_a + a_p \cdot R \cdot t_p}{t_{\text{сер}}} = \frac{2,5 \cdot (1 + 0,3) \cdot 1,76 + 6,67 \cdot 0,3 \cdot 5,81}{4,03} = 4,3 \text{ г/дм}^3$$

Навантаження на активний мул при прийнятих вихідних даних буде складати [10]:

$$q_m = \frac{24 \cdot (C_{\text{сум,БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^k)}{a_{\text{сер}} \cdot (1 - S) \cdot t_{\text{сер}}} = \frac{24 \cdot (248,4 - 15)}{4,3 \cdot (1 - 0,3) \cdot 4,03} = 461,79 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{добу}}$$

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

З урахуванням навантаження на активний мул визначається фактичне значення мулового індексу згідно з [15, дод. Е, табл. Е.2] методом інтерполяції:

$$I_{\phi} = 89,3 \text{ см}^3/\text{г}$$

При фактичному значенні мулового індексу ступінь рециркуляції становитиме [15]:

$$R_{\phi} = \frac{a_a}{\frac{1000}{I_{\phi}} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{89,3} - 2,5} = 0,29$$

Розрахунок вважається завершеним, адже нове значення R_{ϕ} не перевищує попереднього або відрізняється від нього в межах точності розрахунку 5% [15].

Робочий об'єм аеротенка та регенератора визначається за формулами [15]:

$$W_a = (1 + R) \cdot t_a \cdot Q_{max} = (1 + 0,3) \cdot 1,76 \cdot 5756 = 13170 \text{ м}^3$$

$$W_p = R \cdot t_p \cdot Q_{max} = 0,3 \cdot 5,81 \cdot 5756 = 10033 \text{ м}^3$$

де Q_{max} – максимальна витрата стічних вод – 5756 м³/год.

Загальний об'єм становить [15]:

$$W = W_a + W_p = 13170 + 10033 = 23203 \text{ м}^3$$

Кількість секції $N = 3$.

Об'єм однієї секції при кількості $N=3$ складає:

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{23203}{3} = 7734 \text{ м}^3$$

Визначається розподіл рециркуляційного активного мулу зі співвідношення [15]:

$$\frac{W_p}{W} = \frac{10033}{23203} \cdot 100\% = 43\%$$

За ТП 902-2-179 з [15, дод.Е, табл. Е.3] приймається 3 секції чотирьохкоридорного аеротенка:

- робочою глибиною $H = 5$ м;
- робочим об'ємом секції $W_1 = 7940$ м³;
- шириною коридору $B = 6$ м.

Довжина секції становить:

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$L = \frac{W}{B \cdot H \cdot N \cdot n_k} = \frac{23203}{6 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 4} = 64,45 \text{ м}$$

де n_k – кількість коридорів у секції – 4 шт. Прийнято 2 коридори для аеротенка та 2 коридори для регенератора

Приймаємо довжину коридору аеротенка 65 м. Тоді загальний об'єм становитиме [15]:

$$W = B \cdot H \cdot N \cdot n_k \cdot L = 6 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 65 = 23400 \text{ м}^3$$

Приріст активного мулу в аеротенку розраховується за формулою:

$$П = 0,8 \cdot C_{ЗР}^{к.ф.} + K_{П} \cdot C_{сум,БСК}^a = 0,8 \cdot 142,5 + 0,3 \cdot 248,4 = 188,52 \text{ мг/дм}^3$$

де $C_{ЗР}^{к.ф.}$ – концентрація завислих речовин, що надходять в аеротенк, 142,5 мг/дм³;

$K_{П}$ - коефіцієнт приросту активного мулу, становить 0,3 [15].

Аеротенк приймається з влаштуванням носіїв іммобілізованих мікроорганізмів в четвертому (останньому) коридорі на другій половині довжини. Було обрано носії AnoxKaldnes™ K1 вироблені компанією Veolia, Inc, що мають висоту 7 мм та діаметр 9 мм (Рис. 16). Площа питомої поверхні насипного матеріалу становить 500 м²/м³.

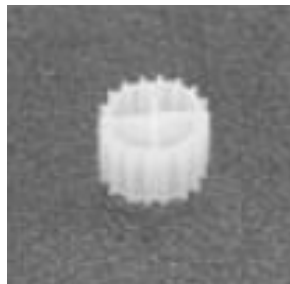


Рис. 16. Носій іммобілізованих мікроорганізмів AnoxKaldnes™ K1 [19]

Мета встановлення – підвищення ефективності процесу нітрифікації за рахунок іммобілізації на носіях нітрифікуючих мікроорганізмів, збільшення їх біомаси в споруді і затримання в об'ємі аеротенка в певному встановленому місці.

Зазвичай біологічний процес в аеротенку розраховано на зниження показника БСК_{повн} до початку процесу нітрифікації. Тому для підвищення ефективності нітрифікації було вибрано технологію з використанням іммобілізованих на носіях мікроорганізмів з розміщенням носіїв в зоні аеротенка з низькою концентрацією

органічних речовин. Використання в технології аеротенків-витиснювачів дозволяє здійснити ступеневе очищення стічних вод за рахунок поступового очищення – спочатку від органічних речовин, а потім – від сполук азоту.

За рахунок носіїв біомасу мікроорганізмів можна збільшити в 10-20 разів (до 20-40 г/дм³) та в області аеротенка з малими концентраціями органічних речовин (останній коридор) пришвидшити процес нітрифікації амонійного азоту та збільшити ступінь видалення амонійного азоту. Концентрація азоту амонійного в очищеній воді буде становити 2 мг/дм³ (ГДС – 3,3 мг/дм³).

3.4.3 Розрахунок вторинних відстійників

Приймаємо радіальні вторинні відстійники.

Гідравлічне навантаження визначається за формулою [15]:

$$q = \frac{4,5 \cdot K_{\text{відст}} \cdot H_{3,в}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_{\text{м}}^{\phi} \cdot a_a)^{0,5-0,01 \cdot a_t}} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3,7^{0,8}}{(0,1 \cdot 89,3 \cdot 2,5)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 1,73 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$$

де $K_{\text{відст}}$ - коефіцієнт використання об'єму відстійників, що приймається для радіальних відстійників - 0,4;

$H_{3,в}$ - глибина зони відстоювання – 3,7 м [15, дод. 3, табл. 3.2];

$J_{\text{м}}^{\phi}$ – фактичне значення мулового індексу – 92,75 см³/г;

a_a - концентрація активного мулу в аеротенку – 2,5 г/дм³;

a_t - концентрація активного мулу у воді після відстоювання – 15 мг/дм³.

Загальна площа поверхні вторинних відстійників становитиме:

$$F_{\text{відст.}} = \frac{Q_{\text{max}}}{q} = \frac{5756}{1,73} = 3327 \text{ м}^2$$

де Q_{max} – максимальна витрата стічних вод з врахуванням рециркуляційної витрати (при необхідності) – 5756 м³/год.

Приймаємо кількість відстійників n – 5.

$$F_1 = \frac{F_{\text{відст.}}}{n} = \frac{3327}{5} = 665,4 \text{ м}^2$$

Діаметр відстійника:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 665,4}{3,14}} = 29,1 \text{ м}$$

Приймаємо 5 вторинних радіальних відстійники діаметром 30 м за типовим проектом 902-2- 89/75 з [15, дод. 3, табл.3.2] з такими розмірами:

- діаметр 30 м²;
- кількість 5 шт;
- загальна глибина 3,7 м;
- об'єм зони відстоювання 2190 м³;
- об'єм зони осаду 440 м³.

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Матеріали та сировина технологічної схеми біологічного очищення стічних вод міста Рівне та молокопереробного заводу

Матеріали, які необхідні для обраного технологічного процесу наведені у таблиці 17.

Табл. 17. Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів технологічної схеми біологічного очищення СВ міста Рівне та молокопереробного заводу

Найменування	Категорія і номер НТД згідно якого перевіряється сировина	Показник	Нормативне значення
Неочищена СВ	ДБН В.2.5-75:2013	Витрата стічних вод	94000 м ³ /добу
		Концентрація завислих речовин становить	228 мг/дм ³ ;
		БСК _{повн}	276 мг/дм ³
		Температура	10-40 °С
		рН	6,5-9

					КББЕ.БМ0114.ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Самченко К.Ю.				Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Саблій Л.А.					65	93
Реценз.					КПІ ім. І. Сікорського ФБТ		
Н. Контр.							
Затверд							
ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТА ОЧИСНИХ СПОРУД							

Вода водопровідна	ДСанПіН 2.2.4-171-10	Температура, не більше	30 °С
		Загальна жорсткість, не більше	7 екв/дм ³
		Запах, бал	2
		Кольоровість, ПКШ, не більше	20
		Масова концентрація завислих речовин, не більше	20,0 мг/дм ³
		Перманганатна окиснюваність, не більше	5 мг/дм ³
		Сухий залишок, не більше	1000 мг/дм ³
Негашене вапно	ДСТУ Б В.2.7-90:2011 Вапно будівельне. Технічні умови	Зовнішній вигляд	Білий порошкоподібний продукт із різким запахом хлору
		Вміст СаО, не менше	85%
Хлорид заліза, технічний	ТУ У 24.1-05444552-045-2005 Заліза (ІІІ) хлорид технічний (розчин). Технічні умови	Зовнішній вигляд	Рідина темно-червоного кольору
		Масова частка FeCl ₃ , не менше	40%
		Масова частка FeCl ₂ , не більше	1%
		Масова частка нерозчинних у воді речовин, не більше	2%
Натрію гіпохлорит	ДСТУ EN 15077:2020 Хімічні речовини, які використовують для очищення води в басейні. Гіпохлорит натрію	Зовнішній вигляд	Зеленувато-жовта рідина
		Запах	Яскраво виражений подразнюючий запах хлору
Активний мул	За ДСТУ 2569-94 ВОДОПОСТАЧАННЯ І КАНАЛІЗАЦІЯ	Мікробіологічний аналіз біоценозу АМ	

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КББЕ.БМ0114.ПЗ

Арк.

66

4.2. Опис технологічної схеми очистки стічних вод міста Рівне та молокопереробного заводу

ДР 1. Підготовка аераційного повітря

ДР 1.1. Забір повітря з атмосфери

Забір атмосферного повітря відбувається за допомогою повітрозбірника ПЗ-1 з точкою забору 4-6 м вище рівня землі.

ДР 1.2. Фільтрування повітря

На цьому етапі, щоб забезпечити очистку повітря від пилу та механічних часток, використовуються осередкові фільтри з гофрованих промаслених сіток конструкції Рекка (ФЯР). Ці фільтри призначені для очищення повітря, загальна запиленість якого становить не більше 5 мг/м^3 , при цьому їх ефективність дорівнює 45-80%.

ДР 1.3. Компресування повітря

Застосовують повітродувки В-3 з продуктивністю до $190 \text{ м}^3 / \text{хв}$ зі стисненням повітрям до 0,16 МПа. Підготовлене повітря надходить до ТП7. Контроль тиску здійснюється, використовуючи манометр.

ДР 2. Підготовка пари на технічні потреби

Водяну пару отримують в котельні, що знаходиться на території очисних споруд. Пару подають до ПВ 9.2.

ДР 3. Приготування розчинів

ДР3.1 Приготування розчину хлорного заліза

Для обробки осаду після ущільнення як коагулянт використовують хлорне залізо. 10% розчин хлориду заліза (III) – готують наступним способом: для приготування 1 дм^3 10% розчину відміряють $0,191 \text{ дм}^3$ 40% розчину хлориду заліза (III) і $0,809 \text{ дм}^3$ води. Готовий розчин коагулянту перекачується до ПВ 9.5.

ДР3.2 Приготування розчину гіпохлориту натрія

Гіпохлорит натрію виступає знезаражуючим агентом у даній технології. NaCl змішується з підготовленою технічною водою у спеціальній установці, де

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

регенератора. Середня тривалість перебування стічних вод в системі аеротенк-регенератор становить 4,03 год, середня доза активного мулу в системі $4,3 \text{ г/дм}^3$, доза активного мулу в регенераторі $6,67 \text{ г/дм}^3$, ступінь рециркуляції 0,3. Повітря від повітродувної станції подається в аеротенк пневматичною системою аерації за допомогою фільтросних пластин. Останній коридор кожної секції від половини довжини наповнений носіями AnoxKaldnes™ K1 на $2/3$ глибини води. Зона з носіями відокремлена за допомогою встановлення сіток на початку і в кінці коридора.

ТП 5.2 Вторинне відстоювання

З метою відділення активного мулу, вода після аеротенку надходить до вторинних відстійників. За розрахунками було прийнято 5 вторинних радіальних відстійники діаметром 30 м за типовим проєктом 902-2- 89/75 з такими розмірами: загальна глибина 3,7 м, об'єм зони відстоювання 2190 м^3 , об'єм зони осаду 440 м^3 . Активний мул, що осідає при відстоюванні мулососами перекачується до мулової камери. Рециркуляційний активний мул направляєється назад до аеротенка ТП 5, а надлишковий активний мул, насосом направляєється до ПВ 9.1. Значення мулового індексу $92,75 \text{ см}^3/\text{г}$. На виході з вторинних відстійників концентрація завислих речовин складає 15 мг/дм^3 , БСК_{повн} -10 мг/ дм^3 .

ТП 6 Знезараження очищеної стічної води

ТП 6.1 Змішування стічних вод з знезаражуючим агентом

На даному етапі стічна вода змішується з розчином гіпохлориту натрію, приготованому на стадії ДР 3.2. Концентрації активного хлору у стічній воді повинна становити 3 г/м^3 .

ТП 6.2 Знезараження в контактних резервуарах

Після 30 хвилинного витримування води в контактному резервуарі, знезаражена очищена вода направляєється у річку Прип'ять.

ПВ 7 Обробка сирого осаду і надлишкового активного мулу

ПВ 7.1 Ущільнення надлишкового активного мулу

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

На даній стадії надлишковий активний мул, що надходить в мулоущільнювач, віддає основну масу вологи. Мулова вода, що утворюється повертається до аеротенку на ТП 5.1, оскільки містить велику кількість органічних забруднень. Вологість НАМ 99,33%. Витрата НАМ на даній стадії становить 16,22 т/добу. Тривалість ущільнення 10-12 год.

ПВ 7.2 Зброджування в метантенку

Сирий осад та ущільнений надлишковий активний мул надходять до метантенка, де відбувається зброджування за мезофільних умов. Для підтримання необхідної температури для процесу - 33-35 °С , від котельні ДР 2 подається теплоносій. За розрахунками приймаються 2 метантенки за ТП 902-2-228 об'ємом 4000 м³, діаметром 20 м, висотою верхнього конуса 2,9 м, циліндричної частини 10,6 м, нижнього конуса 3,5 м. Після зброджування зольність та вологість суміші будуть становити відповідно 42,08 % та 97,4%. Фактична доза завантаження рівна 9,07%, витрата суміші осадів рівна 725,5 м³/ добу.

ПВ 7.3 Дегельмінтизація збродженого осаду

Для видалення гельмінтів з ущільненого стабілізованого осаду передбачено обробку паром від ДР 2 за температури 65°С протягом 20 хвилин. Осад направляється на промивку ПВ 7.4. На випадок аварії 20% осаду (на рік) направляється на аварійні мулові майданчики.

ПВ 7.4 Промивка осаду

Перед тим як осад надійде на механічне зневоднення його попередньо промивають очищеною стічною водою 15-20 хв. Це дозволяє видалити з осадів колоїдні та дрібнодисперсні частинки, що сприяє зменшенню опору фільтрації до 2,5 разів і економити витрати на механічне зневоднення осадів.

ПВ 7.5 Ущільнення осаду

Після промивки осад надходить до мулозгущувачів. На цій стадії осад ущільнюється протягом 12-18 год. При цьому утворюється мулова вода, яка направляється на ТП 4.1. Ущільнений осад вологістю 94-96% піддається подальшій реагентній обробці.

ПВ 7.6 Реагентна обробка

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

На даній стадії відбувається реагентна обробка розчинами приготованими на ДР 3.1. Осад обробляється розчином коагулянту – $FeCl_3$ та розчином гашеного вапна з ДР 3.3.

ПВ 7.7 Механічне зневоднення на фільтр-пресах

На даній стадії відбувається видалення води з осаду, що надходить до фільтр-пресу. Робочий тиск 0,16 МПа, здійснюється технічний контроль тиску. Утворений фільтрат подається на стадію ТП 5.1, а утворений осад на аварійні мулові майданчики для збереження.

ПВ 8 Збір біогазу в газгольдері

Газ, що утворюється в метантенку збирається в газгольдерах. За результатами розрахунку приймаємо 3 газгольдери «мокрого типу» об'ємом 300 м^3 , діаметром 9,3 м, висотою 12,5 м. Після газгольдерів газ іде на очистку, після чого може бути використаним. Фактичний час в газгольдері становить 2,07 год. Витрата утвореного біогазу становить 10400 м^3 .

ЗВ 9 Підсушування осаду на аварійних мулових майданчиках

Дана стадія запроваджена для можливості приймання осадів в разі аварій на основній лінії обробки осадів. Дані майданчики розраховані на приймання 20% річної кількості осадів.

Осад від ПВ 7.5 надходить на мулові майданчики, що мають дренажну систему, підсушують до вологості – 70%. Після цього осад збирають і вивозять. Дренажна вода насосом повертається до ТП 4.1.

ЗВ 10 Підсушування піщаної пульпи на піскових майданчиках

Піщана пульпа від ТП 4.2 підсушується, після чого пісок іде на вивезення. Дренажна вода, що утворилася насосом повертається до ТП 4.1.

4.3 Контроль очищення стічних вод міста Рівне та молокопереробного заводу

Під час очищення стічних вод для забезпечення якісної очистки проводиться постійний моніторинг на всіх етапах процесу, щоб оцінити ефективність кінцевого результату. Цей моніторинг включає збір проб і їх аналіз, а також використання контрольно-вимірювальних приладів. План контролю наведений у таблиці 18.

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71

Табл. 18. Точки і параметри контролю виробництва

Стадія, об'єкт контролю	Параметр контролю	Періодичність контролю	Норми технологічного режиму	Методи контролю	Методи контролю, прилади
Стічні води міста Рівне та молокопереробного заводу	Витрати тічних вод, м ³ /добу	1 раз на добу	94000	К _т	Акустичний витратомір ЕХО-Р-02, клас точності 3
	рН	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньо - добова проба)	6,5-7,4	К _х	Іономір лабораторний І-160. Клас точності 3.
	Масова концентрація завислих речовин, мг/дм ³	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньо - добова проба)	228, Δ=±0,1	К _х	КНД 211.1.4.039-95
	Температура, °С	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньо - добова проба)	10-40	К _т	МВВ No081/12-0311-06. Термометр ц.п. 0,1С
	ХСК, мг/дм ³	2 рази на тиждень	345, Δ=±0,1	К _х	КНД 211.1.4.024-95
	БСК _{повн} , мг/дм ³	2 рази на тиждень	276, Δ=±0,1	К _х	КНД 211.1.4.024-95
Підготовка аераційного повітря	Робочий тиск нагнітання в повітродувці, МПа	1 раз на годину	2,5, Δ=±2,5%	К _т	Манометр ОБМ1-100 Межа вимірювання 0-1 Клас точності 2,5
Приготування розчину коагулянту FeCl ₃	Масова концентрація FeCl ₃ ,%	1 раз за добу	10	К _х	Концентратомір КОХ-1
Приготування розчину гіпохлориту натрію	Масова концентрація NaCl,%	1 раз за добу	3	К _х	Концентратомір КОХ-1
Приготування розчину гашеного вапна	Масова концентрація Са(ОН) ₂ ,%	1 раз за добу	1	К _х	Концентратомір КОХ-1

Очищення стічних вод на решітках	Засміченість решіток	1 раз на добу	Засміченість відсутня	К _т	Візуальне спостереження
Очищення стічних вод на пісковловлювачах	Масова концентрація мінеральних домішок та піску на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	0,8, Δ= ±5%	К _т	КНД 211.1.4.045-95
Первинне відстоювання	Масова концентрація завислих речовин на виході мг/дм ³	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	142,5	К _т	КНД 211.1.4.039-95
Біологічне очищення в аеротенку	Муловий індекс, см ³ /г	1 раз на добу	92,75	К _т	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
	Доза активного мулу, г/дм ³	3 рази на тиждень	2,5	К _т	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
	pH	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	6,7-8, Δ = ±0,1	К _х	МВВ № 081/12-0317-06 Іонімір лабораторний І-160
	Температура, °С	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	17-20, Δ = ±0,1%	К _т	МВВ № 081/12-0311-06 Термометр ц.п. 0,1С
	Склад активного мулу	3 рази на тиждень	Склад відповідає нормам	К _{мб}	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд Мікроскоп Leica DM3000
Вторинне відстоювання	Ступінь рециркуляції	4 рази на тиждень	0,3	К _т	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
Ущільнення надлишкового активного мулу	Вологість НАМ, %	3 раз на тиждень	99,33	К _т	Методика лабораторного контролю за

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

КББЕ.БМ0114.ПЗ

Арк.

73

					роботою каналізаційних очисних споруд
	Витрата НАМ, т/добу	1 раз на тиждень	16,22	К _т	Акустичний витратомір ЕХО-Р-02, клас точності 3
Зброджування в метантенку	Температура, °С	1 раз на добу	33-35	К _т	МВВ № 081/12-0311-06 Термометр ц.п. 0,1С
	Зольність суміші,%	1 раз на тиждень	42,08	К _т	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
	Вологість суміші,%	1 раз на тиждень	97,4	К _т	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
	Доза завантаження, %	1 раз на тиждень	9,07	К _т	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
	Витрата суміші осадів, м ³ /добу	1 раз на тиждень	725,5	К _т	Акустичний витратомір ЕХО-Р-02, клас точності 3
	Дегельмінтизація зброженого осаду	Температура, °С	1 раз на добу	65, Δ = 1%	К _т
Ущільнення осаду	Вологість,%	1 раз на тиждень	94-96%	К _т	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
Механічне зневоднення на фільтр-пресах	Робочий тиск, МПа	1 раз на годину	0,16, Δ=±0,1%	К _т	Манометр ОБМ1- 100 Межа вимірювання 0-1 Клас точності 2,5
Збір біогазу в газгольдері	Витрата біогазу, м ³	1 раз на добу	10400	К _т	Акустичний витратомір ЕХО-Р-02, клас точності 3
Підсушування осаду на мулових майданчиках	Вологість,%	1 раз на тиждень	70	К _т	Методика лабораторного контролю за роботою

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

КББЕ.БМ0114.ПЗ

Арк.

74

					каналізаційних очисних споруд
Підсушування піщаної пульпи на піскових майданчиках	Вологість,%	1 раз на тиждень	70	K _T	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд

4.4 Матеріальний баланс

Матеріальний баланс розраховується для сумісної обробки стічних вод міста Рівне та молокопереробного заводу. Розрахунок ведеться на добову витрату стічних вод.

Витрати та надходження матеріальних ресурсів та відповідності їх обсягів надані в таблиці 19.

Табл.19. Матеріальний баланс очищення стічних вод

Стадія процесу	Використано		Отримано			
	Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Кількість		Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Кількість	
		т/добу	м ³ /добу		-	т/добу
Механічне очищення СВ. Очищення в пісковловлювачах	Суміш стічних вод міста Рівне та локально очищених СВ молокопереробного заводу		94000	Суміш стічних вод міста та локально очищених СВ плодовоовочеко нсєвного заводу		93950
				Пісок	30	20
	Всього		94000		94000	94000
Механічне очищення СВ. Очищення в первинних відстійниках	Суміш стічних вод міста Рівне та локально очищених СВ молокопереробного заводу		93950	Освітлена стічна вода		92790
				Осад	160	
	Всього		93950		93950	93950

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КББЕ.БМ0114.ПЗ

Арк.

75

Біологічне очищення в аеротенку	Освітлена стічна вода		92790	СВ після біологічного очищення		101040
	РАМ	8250		Втрати	7800	
	Всього	101040	101040		101040	101040
Очищення у вторинному відстійнику	СВ після біологічного очищення		93240	Очищена СВ		83360
				НАМ	4670	
				РАМ	5210	
	Всього		93240		93240	93240
Знезараження	Очищена СВ		83360	Знезаражена СВ		83485
	Розчин гіпохлориту натрію		125			
	Всього		83485			83485
Всього			94000			94000

Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КББЕ.БМ0114.ПЗ

Арк.

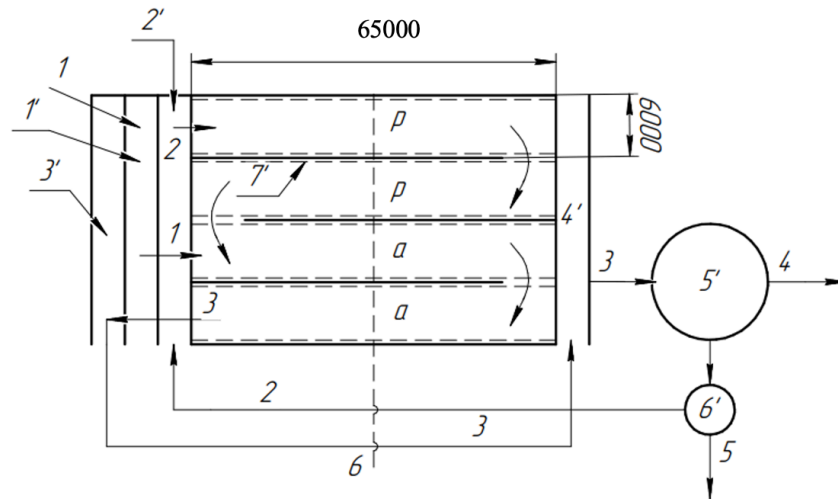
76

РОЗДІЛ 5. ОПИС АЕРОТЕНКА З РУХОМИМ ШАРОМ НОСІЯ

Для проведення біологічного очищення було прийнято аеротенк- витиснювач з регенерацією активного мулу. За ТП 902-2-179 прийнято 3 секції чотирьохкоридорного аеротенка з:

- робочою глибиною $H = 5$ м;
- робочим об'ємом секції $W_1 = 7940$ м³;
- шириною коридору $B = 6$ м.

В графічній частині проекту наведено креслення споруди - аеротенк з шаром рухомого носія формату А1 в масштабі 1:75. На кресленні зазначена технічна характеристика, таблиця штуцерів та специфікація обладнання (стінова панель та панелі перегородок, повітропроводи, днище, щитовий затвор, балки).



p - коридори регенерації активного мулу
a - коридори аеротенка

- 1 - стічна вода від первинних відстійників
- 2 - рециркуляційний мул
- 3 - мулова суміш
- 4 - очищена вода
- 5 - надлишковий активний мул
- 6 - повітря від повітродувок

1' - Канал стічної води після первинних відстійників

- 2' - Канал рециркуляційного активного мулу
- 3' - Верхній канал мулової суміші
- 4' - Нижній канал мулової суміші
- 5' - Вторинний відстійник
- 6' - Мулова камера
- 7' - Аераційна система

Рис. 20. Схема чотирьохкоридорного аеротенка-витиснювача

КББЕ.БМ0114.ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Самченко К.Ю.		
Перевір.		Саблій Л.А.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд				
ОПИС АЕРОТЕНКА З РУХОМИМ ШАРОМ НОСІЯ				
			Літ.	Арк.
			77	93
КПІ ім. І. Сікорського ФБТ				

Аеротенки-витиснювач являє собою залізобетонний резервуар прямокутної форми в плані. Аеротенки складається із 3 секцій, кожна з них ділиться поздовжніми перегородками, що не доходять до однієї з торцевих стін 4 коридори (рис.20). Таке розташування перегородок дозволяє здійснити зигзагоподібний рух рідини послідовно по всіх коридорах аеротенка [25].

З торців в аеротенках влаштовано два аеровані канали освітлених стічних вод, що надходять із первинних відстійників: так звані верхній канал – зі сторони первинних відстійників, і нижній канал - зі сторони вторинних відстійників. Ці канали з'єднані між собою перепускним коридором, що дозволяє впускати освітлені стічні води з будь-якої сторони аеротенка. З нижньої сторони аеротенка передбачений аерований канал, куди з останнього по ходу руху рідини коридору кожної секції аеротенка надходить суміш очищених стічних вод з активним мулом. З цього каналу мулова суміш спрямовується у вторинні відстійники. Аерований канал рециркуляційного активного мулу влаштований з нижньої сторони [25].

У режимі біологічної очистки з регенерацією активний мул подається на початок першого коридору, а освітлені стічні води - на початок наступних коридорів аеротенка. Об'єм регенераторів аеротенків складає 50 % від загального об'єму [25].

Коридорний аеротенк обладнаний пневматичною системою аерації. Повітря диспергується за допомогою пневматичної системи аерації, що влаштована в дні аеротенка вздовж поздовжньої стінки його коридору. У чотирьохкоридорному аеротенку з 67%-ою регенерацією в регенераторі (коридори I і II) вкладають по три, а у власне аеротенку (коридори III і IV) - по два ряди повітроносних каналів [25].

Аеротенк обладнаний трубопроводами для спорожнення. Дно кожного коридору аеротенка має похил 0,001 до його середини, де влаштований лоток спорожнення [25].

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ НА СТАНЦІЯХ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

У своїй діяльності станції очищення стічних вод керуються такими документами, як стандарти безпеки праці, правила та норми техніки безпеки при улаштуванні та експлуатації очисних споруд системи водовідведення, охорона праці у житлово-комунальному господарстві, а також інструкції стосовно пожежної безпеки об'єкту [26].

Хлор - високо небезпечна речовина, подразнюючої та задушливої дії, що використовується для знезараження очищеної стічної води перед скиданням її у водойму. При контакті з біологічними тканинами хлор викликає запальну реакцію, в першу чергу при цьому страждають органи дихання, шкіра та слизові оболонки очей. Для хлора встановлені наступні нормативи: гранично допустима концентрація хлору у повітрі робочої зони виробничих приміщень складає 1 мг/м³; максимально допустима концентрація хлору при короткочасному впливі становить 40 мг/м³. Хлор на станції знаходиться в спеціальних ємностях під надлишковим тиском, тому існує небезпека вибуху або витоку хлору. Саме тому контролюють температуру ємностей, яка має становити не більше 30 °С. Також не слід допускати обмерзання ємностей. Приміщення для збереження хлору обладнано витяжною вентиляцією з 6-кратним (в аврійних випадках 12-кратним) повітрообміном у годину. Робота персоналу по складуванню, виготовленню та дозуванню реагентів та їх розчинів повинні здійснювати в спеціальному одязі, взутті, рукавицях та окулярах, в необхідних випадках працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту від можливого отруєння. Після закінчення зміни працівникам рекомендується прийняти душ [26].

					<i>КББЕ.БМ0114.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Самченко К.Ю.</i>			<i>ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ НА СТАНЦІЯХ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Саблій Л.А.</i>					79	93
<i>Реценз.</i>						<i>КПІ ім. І. Сікорського ФБТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд</i>								

Ще однією з небезпек є відкриті колодязі, очисна апаратура, що необладнана спеціальними огорожами. Колодязі небезпечні й через те що в них можуть перебувати метан, двоокис вуглецю, сірководень, аміак. Вдихання цих газів може викликати отруєння організму з тривалою втратою працездатності, а при великих концентраціях призвести до смертельного результату. При роботі в колодязях бригаду рекомендується скласти не менше ніж з трьох осіб, що мають рятувальні пояси і шлангові протигази [26].

Аеротенки рекомендується огороджувати по периферії бар'єром висотою не менше 1 м з розривами тільки в місцях сполучення бар'єру з перилами перехідних містків. Не рекомендуються будь-які роботи при пошкоджених перилах і бар'єрах. Для більшої безпеки перед ремонтом аеротенк спорожнюють [26].

Для переходу через канали передбачається влаштувати містки шириною не менше 0,7 м і з поручнями висотою 1 м [26].

Потенційну небезпеку являють собою сирі осади, що утворюються під час очищення стічних вод. Ці осади мають неприємний запах, містять велику кількість бактеріальних забруднень, а отже небезпечні в санітарному відношенні [26].

На біологічних станціях небезпеку для обслуговуючого персоналу представляють також сірковмісні речовини, вуглекислий газ та інші шкідливі газоподібні продукти, що виділяються в атмосферу при аерації та основному процесі очищення стічних вод [26].

Для робітників, що працюють в лабораторіях існує небезпека отруєння або ураження їдкими, отруйними хімікатами через недостатню вентиляцію приміщення чи недотримання правил поводження з реагентами. Їдкі речовини в лабораторії зберігаються у витяжній шафі в кількості не більше 5-ти добового запасу. Отруйні речовини зберігають окремо [26].

Щодо безпеки враження робітників електричним струмом, то це можливо при несправній проводці або високих навантаженнях електромережі [26].

Підвищення рівня шуму та вібрації на підприємстві відбувається під час роботи повітродувки і насосів [26].

Для запобігання пожегів у виробничих приміщеннях не можна палити та користуватися відкритим вогнем. Електрообладнання та освітлення виконуються у вибухобезпечному виконанні. Включення електричних мереж проводиться перед входом в приміщення. Комутаційна апаратура встановлюється в ізольованих приміщеннях. Труби для електропроводки виконують з роздільним газонепроникним ущільненням [26].

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
						81
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Визначено характеристики стічних вод молокопереробного заводу. Так, стічні води молокопереробного заводу характеризуються високими значеннями показників забруднень: БСК₅ - 1800-2200 мг/дм³, ХСК - 2700-3300 мг/дм³, жири - 80-110 мг/дм³, що перевищують норми скиду в міську систему водовідведення і тому потребують попереднього локального очищення.

2. Обґрунтовано і вибрано найбільш економічно доцільну та ефективну технологію попереднього очищення стічних вод молокопереробного заводу з використанням безнапірної флоатації та анаеробного очищення в UASB реакторі з гранульованим мулом.

3. Визначено необхідний ступінь очистки стічних вод для можливості скидання очищеної води у річку Прип'ять. Показник ГДС становить: за завислими речовинами - 18,71 мг/дм³, за БСК_{повн} – 10,21 мг/дм³.

4. Обґрунтовано та обрано технологію біологічного очищення стічних вод міста Рівне з використанням аеротенків-витиснювачів з рухомим шаром іммобілізованого носія (MBBR) для підвищення ефективності процесу нітрифікації та зниження у очищеній стічній воді вмісту сполук азоту (за азотом амонійним від 25 до 2 мг/дм³).

5. Описано біологічний агент на стадії локального анаеробного очищення стічних вод молокопереробного заводу в UASB реакторі та аеробного сумісного очищення стічних вод міста та заводу – активного мулу (у завислому стані) та іммобілізованих мікроорганізмів на рухомому шарі носія.

6. За розрахунками прийнято очисні споруди: 4 первинних радіальних відстійники ТП 902-2-362.83, 3 секції чотирьохкоридорного аеротенка за ТП 902-2-179 з рухомим шаром носія іммобілізованих мікроорганізмів AnoxKaldnes™ K1, 5 вторинних радіальних відстійники діаметром 30 м за ТП 902-2- 89/75.

					<i>КББЕ.БМ0114.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Самченко К.Ю.</i>			<i>ВИСНОВКИ</i>			
<i>Перевір.</i>		<i>Саблій Л.А.</i>					82	93
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд</i>								
						<i>КПІ ім. І. Сікорського ФБТ</i>		

7. Складено технологічну та апаратурну схеми, виконано креслення вдосконаленого аеротенка-витиснювача з рухомим шаром носія іммобілізованих мікроорганізмів.

8. Наведено вимоги щодо охорони праці та техніки безпеки.

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
						83
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік джерел літератури

1. Звіт про стратегічну екологічну оцінку проекту змін до стратегії розвитку рівненської області на період до 2027 року. // Рівненська обласна державна адміністрація департамент економічного розвитку і торгівлі/рівненська обласна державна адміністрація департамент економічного розвитку і торгівлі. – 2024.
2. Barbera M. Treatment and Reuse in the Food Industry / M. Barbera, G. Gurnari..
3. Саблій Л. А. фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод / Лариса Андріївна Саблій. – Рівне: Міністерство освіти і науки України Національний університет водного господарства та природокористування, 2013.
4. Comprehensive review of water management and wastewater treatment in food processing industries in the framework of water-food-environment nexus / [H. Asgharnejad, E. Nazloo, M. Larijani та ін.]. // comprehensive reviews in food science and food safety. – 2021.
5. Potential utilization of dairy industries by-products and wastes through microbial processes: A critical review Potential utilization of dairy industries by-products and wastes through microbial processes: A critical review / [T. Sar, S. Harirchi, M. Ramezani та ін.]. // Science of The Total Environment. – 2022. – №810.
6. Очищення стічних вод молокозаводів від сполук азоту [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://eprints.kname.edu.ua/30738/1/236-243%20Саблій%20ЛА.pdf>.

					КББЕ.БМ0114.ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Самченко К.Ю.				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Саблій Л.А.					84	93
Реценз.					Перелік джерел літератури КІІ ім. І. Сікорського ФБТ		
Н. Контр.							
Затверд							

7. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Системи водовідведення промислових підприємств» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня освіти за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньо-професійною програмою «Водопостачання та водовідведення» усіх форм навчання. Частина 2 / Вижевська Т.В., Ковальчук В. А. Рівне: НУВГП, 2018. – 40 с

8. Moscoso J. Design of a wastewater treatment plant for the company Lácteos San Antonio in Cuenca - Ecuador. / Juan Francisco Webster Moscoso Moscoso. – 2020.

9. Розділ 6. Очищення води відстоюванням і у полі дії відцентрових сил [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://learn.ztu.edu.ua/mod/resource/view.php%3Fid%3D41257&ved=2ahUKEwiB3enUvaOGAxWyKhAIHZaQCgIQFnoECBQQAQ&usg=AOvVaw0xqJvma4ePOvflcoxi6y46>.

10. Саблій Л. А. Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні і управління безпекою праці / Лариса Андріївна Саблій. // НУВГП. – 2016.

11. Wastewater treatment in the dairy processing industry - recovering energy using anaerobic technology [Електронний ресурс] // EnviroChemie GmbH – Режим доступу до ресурсу: https://envirochemie.com/cms/upload/downloads-en/fachbeitraege/Whitepaper_Wastewater_treatment_in_the_dairy_processing_industry_.pdf.

12. Shete B. Comparative Study of Various Treatments For Dairy Industry Wastewater / Bharati sunil Shete. // IOSR Journal of Engineering 3(08):42-47. – 2013.

13. Саблій Л. А. Анаробно-аеробне очищення висококонцентрованих стічних вод / Лариса Андріївна Саблій. // Науково-технічні вісті. – 2011. – No1. – С. 1–7

14. Правила приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення міста Рівного [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://vodarivne.com/images/file/dokumentu/Pravula%20Rivne.pdf>.

15. Практикум з біотехнологій очищення води : навчальний посібник: навч. посіб. для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад: Л.А. Саблій, О. М. Бунчак, В.С. Жукова. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 106 с.

16. Обладнання та процеси метанового зброджування органічних відходів : монографія / І.В. Семененко, М.Г. Зінченко. :НТУ "ХПІ", 2012. - 272 с.

17. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. - Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», - 2002. - 622 с.: іл. ISBN 966-7358-24-0

18. Ковальчук В. А. Впровадження сучасних споруд для очистки стічних вод підприємств харчової промисловості [Електронний ресурс] / В. А. Ковальчук // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rmkbs_2018_36_36.

19. Biofilm Reactors, 2010.

20. What is IFAS, and how does it work? [Електронний ресурс]. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ssaeration.com/what-is-ifas-how-does-it-work/#1>.

21. Fixed Film Activated Sludge [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sswm.info/water-nutrient-cycle/wastewater-treatment/hardwares/semi-centralised-wastewater-treatments/fixed-film-activated-sludge>.

22. Аеробне очищення стічних вод [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/5545856/page:77/https://studfile.net/preview/5545856/page:77/>.

23. Biswas K. Key microbial groups of mbbf systems at wellington’s sewage treatment plants / K. Biswas, J. Feary, S. Turner.

24. World Journal of Microbiology and Biotechnology / B.Fu, X. Liao, L. DING, H. Ren. – 2010.

25. Методичні вказівки з дисципліни «Малі очищувальні споруди» для студентів спеціальностей 7.06010108, 8.06010108 «Раціональне використання і

охорона водних ресурсів» (освітньо-кваліфікаційний рівень – спеціаліст, магістр) усіх форм навчання. – Полтава: ПолтНТУ, 2012. – 83 с.

26. Охорона праці та безпека при надзвичайних ситуаціях [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/5678926/page:10/>

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
						87
Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

ДОДАТОК 1

Специфікація обладнання

Позиція	Найменування	К-сть	Маса кг	Примітки
1	2	3	4	5
ПЗ-1	Повітрозабірник, висота труби 4 м, діаметр труби 300мм	1		Збірний
Ф-2	Фільтр попереднього очищення газоподібних речовин конструкції Рекка. Ефективність очистки 45-80%	2		Збірний
В-3	Повітродувки. Продуктивність від 2 до 190 м ³ /хв .Стиснення повітря 0,163 Мпа. Потужність електродвигуна 210кВт	1		Збірний
КП-4	Котельня	1		Збірний
Д-5, Д-8, Д-9, Д-12, Д-13, Д-16	Дозатор об'ємно-ваговий	6		Збірний

					<i>КББЕ.БМ0114.ПЗ</i>				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Самченко К.Ю.				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.	Саблій Л.А.					88	93		
Реценз.					<i>ДОДАТКИ</i>				
Н. Контр.				<i>КПІ ім. І. Сікорського ФБТ</i>					
Затверд									

Р-6	Реактор для приготування розчину хлорного заліза з пневматичним перемішуванням	1		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Т
Н-7, Н-11, Н-15, Н-19, Н-21, Н-23, Н-25, Н-29, Н-31, Н-34, Н-36, Н-37, Н-41, Н-44	Насос відцентровий горизонтальний консольний з робочим колесом закритого типу	11		Збірний
Р-10	Електролізна установка для приготування розчину гіпохлориту натрію	1		Збірний
Р-14	Реактор для приготування розчину гашеного вапна з пневматичним перемішуванням	1		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Т
РД-17	Решітка-дробарка, швидкість потоку 1 м/с	2		Збірний

Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КББЕ.БМ0114.ПЗ

Арк.

89

П-18	Пісковловлювач з середньою швидкістю руху $0,3 \text{ м}^3/\text{добу}$	1		Збірний
П-20	Первинний відстійник радіальний з діаметром 24 м. Ефект освітлення 38,2%	4		Збірний
АР-22	Двокоридорний аеротенк з робочою глибиною $H = 5 \text{ м}$ та шириною коридору $B = 6 \text{ м}$	1		Збірний
В-24	Вторинний радіальний відстійник з діаметром 30 м, загальна глибина 3,7 м	5		Збірний
Л-26	Реактор-змішувач стічних вод з розчином хлорного заліза і гашеної соди	1		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Т
КР-27	Контактний резервуар глибина 4 м, ширина 6 м, довжина 24 м	1		Збірний
У-28	Мулоущільнювач. Тривалість ущільнення 10-12 год, вологість НАМ 99,2-99,7%	1		Збірний

МЕ-30	Метантенк об'ємом 4000 м ³ , діаметром 20 м, висотою верхнього конуса 2,9 м, циліндричної частини 10,6 м, нижнього конуса 3,5 м	2		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Т
КД-32	Реактор для дегельмінтизації осаду. Механічне перемішування осаду із знезаражуючим агентом	1		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Т
ПР-33	Камера промивки осаду	1		Збірний
У-35	Мулоуцільнювач. Тривалість ущільнення 12-18 год. Вологість осаду 94- 96%	1		Збірний
Р-37	Реактор для змішування осаду із коагулянтном. Механічне перемішування лопатевою мішалкою	1		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Т
ФП-38	Фільтр-прес. Розрідження 0,16 МПа. Тривалість періоду фільтрування 3-4 хв. Вологість осаду 80%	1		Збірний
Г-39	Газгольдер «мокрого типу» з об'ємом 300 м ³ , діаметром резервуара –	3		Збірний

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КББЕ.БМ0114.ПЗ

Арк.

91

	9,3 м, висота газгольдера – 12,5 м			
PE КП-1.1, КП-1.2, КП-1.3,	Манометр Діаметр корпуса: 63 мм. Клас точності: 2,5, діапазон вимірювання 0- 1,0МПа, Різьба штуцера М12х1,5, радіальне виконання	3		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Т
QE КП-17, КП-18, КП-20, КП-24, КП-30, КП-38	Датчик для вимірювання витрати			
QE (рН) КП-22.1, КП-26, КП-27	Датчик для вимірювання рН. Діапазон вимірювання: 2-12	3		Твердий полімерний електроліт
QE (O ₂) КП-22.2	Датчик для вимірювання кисню	1		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Тv
TE КП-22.3, КП-32	Термометр манометричний, конденсаційний. Межі вимірювань 0...120°С. Клас точності 1.5	3		Нержавіюча сталь 12Х18Н10 Т
AM-39	Аварійний муловий майданчик для підсушування осаду	1		Збірний

Зм..	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КББЕ.БМ0114.ПЗ

Арк.

92

ПМ-41	Пісковий майданчик, на якому здійснюється підсушування піщаної пульпи	1		Збірний
-------	--------------------------------------------------------------------------------	---	--	---------

					КББЕ.БМ0114.ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		93