

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

**Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики**

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Євгеній КУЗЬМІНСЬКИЙ
« ____ » _____ 2021 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»

спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»

на тему: «Біотехнологія очищення стічних вод молокозаводу»

Виконала:

студентка IV курсу, групи БЕ-71

Узлій Вікторія Ігорівна _____

Керівник:

доц., к.т.н.

Козар Марина Юріївна _____

Консультант з проєктування:

проф., д.т.н.

Саблій Лариса Андріївна _____

Рецензент:

ст. викл., к.б.н.

Ліновицька Віта Михайлівна _____

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

Студентка _____

Київ - 2021

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

Факультет біотехнології і біотехніки

Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 162 «Біотехнології та біоінженерія»

Освітньо-професійна програма «Біотехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Євгеній КУЗЬМІНСЬКИЙ

(підпис)

(ім'я , прізвище)

« ____ » _____ 2021р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Узлій Вікторії Ігорівні

1. Тема проєкту «Біотехнологія очищення стічних вод молокозаводу»

керівник проєкту Козар Марина Юріївна, к.т.н., доцент

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту:

Розрахункова витрата стічних вод 9000 м³/добу; промислове підприємство – молокозавод «ЖЛК-Україна»; температура стічних вод, що поступають на підприємство: середньорічна 21 °С, середньозимова 15 °С, середньомісячна за

літній період 27 °С, мінімальна середньомісячна 14 °С. Перелік характеристик річки, в яку скидаються очищені стічні води:

1. Розрахункова витрата при 95% забезпеченості – 26 м³/с;
2. Швидкість течії при розрахунковій витраті – 2,6 м/с;
3. Середня глибина річки – 3,0 м;
4. Коефіцієнт звивистості – 2,0;
5. Вид водокористування – рибогосподарське вищої категорії;
6. Концентрація кисню у воді влітку – 8,0 мг/дм³;
7. Температура води влітку – 19 °С;
8. Концентрація завислих речовин = 18 мг/дм³; БСК_{повн}=4,5 мг/дм³;
9. Відстань по фарватеру річки до найближчого пункту водокористування 2,6 км.

4. Зміст пояснювальної записки:

Характеристика стічних вод молокозаводу; обґрунтування вибору технології очищення молокозаводу; характеристика аеробного та гранульованого анаеробного мулів; біохімічні основи технологічного процесу очищення; характеристика очищеної стічної води; технологічна частина; розрахунок витрати стічних вод; вибір та характеристика обладнання; охорона праці та довкілля; висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):

1. Технологічна схема біотехнології очищення стічних вод молокозаводу (А1);
2. Апаратурна схема біотехнології очищення стічних вод молокозаводу (А1);
3. Креслення споруди аеротенка-витиснювача (А1).

6. Консультанти розділів проекту*

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного 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 _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ		
2	Огляд літератури. Обґрунтування та вибір технології очищення стічних вод молокозаводу		
3	Опис біохімічних процесів обраної технології		
4	Опис технологічного процесу та контроль виробництва		
5	Розрахунок та вибір технологічного обладнання		
6	Розробка апаратурної та технологічної схем		
7	Виконання креслення аеротенка-витиснювача		
8	Оформлення графічної частини		
9	Опис заходів з охорони праці		
10	Оформлення пояснювальної записки		

Студентка _____ Вікторія УЗЛІЙ

(підпис)

Керівник проекту _____ Марина КОЗАР

(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт складається з 109 аркушів пояснювальної записки, 3 аркушів креслення у форматі А1 та 31 літературного джерела. У пояснювальну записку входять 5 розділів, 4 таблиці, 11 рисунків, висновки, список використаних джерел і додаток.

У дипломному проєкті в результаті опрацювання літературних джерел було наведено характеристику стічних вод молокозаводу, їх склад та джерела утворення. Було проведено пошук існуючих технологій очистки стічних вод молочних підприємств та в результаті аналізу було обрано ефективну технологію, яка забезпечує доведення показників забруднюючих речовин до скиду у природну водойму.

За обраною технологією було розроблено технологічну та апаратурну схеми, було проведено розрахунки необхідного ступеня очищення та очисних споруд.

У результаті проведених розрахунків було виконано графічну частину проєкту, яка включає в себе три схеми формату А1, а саме технологічну схему очистки стічних вод молокозаводу, апаратурну схему згідно обраної технології та креслення головної споруди – аеротенка-витиснювача.

Також було описано контроль виробництва, розраховано матеріальний баланс та наведено основну сировину й матеріали, які використовуються під час процесу очистки.

Для підтримання безпечних умов праці на станціях водоочистки було наведено заходи з охорони праці та охорони довкілля.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОЛОКОЗАВОД, СТІЧНІ ВОДИ, АКТИВНИЙ МУЛ, АНАЕРОБНИЙ ПРОЦЕС, АЕРОБНЕ ОКИСНЕННЯ, АЕРОТЕНК-ВИТИСНЮВАЧ.

ABSTRACT

Diploma project consists of 109 sheets of explanatory note, 3 sheets of drawings in A1 format and 31 references. The explanatory note includes 5 sections, 4 tables, 11 figures, conclusions, a list of references and the appendix.

In the diploma project as a result of processing literary sources was given the characteristics of wastewater dairy plant, their composition and sources of formation. The search for existing wastewater treatment technologies of dairy enterprises was conducted and as a result of the analysis was selected an effective technology that ensures the indicators of pollutants to be discharged into the natural water body.

According to the selected technology technological and hardware schemes were developed, calculations of the necessary degree of purification and treatment facilities were carried out.

As a result of the calculations a graphic part of the project, which includes three A1 format diagrams, namely, the technological scheme of wastewater treatment plant, apparatus scheme according to the chosen technology and drawings of the main building - aerotank-extractor.

It was also described production control, calculated the material balance and given the main raw materials and materials used in the cleaning process.

In order to maintain safe working conditions at the water treatment stations, measures for labor protection and environmental protection were given.

KEY WORDS: DAIRY PLANT, WASTEWATER, ACTIVATED SLUDGE, ANAEROBIC PROCESS, AEROBIC OXIDATION, AEROPACK.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА. 12	
ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ.....	12
1.1 Джерела утворення стічних вод молокозаводу.....	12
1.2 Характеристика та склад стічних вод молокозаводу	14
1.3 Характеристика молокозаводу.....	20
1.4 Обґрунтування вибору технології очищення стічних вод молокозаводу .	24
1.4.1 Технологія очищення стічних вод молокозаводу методом біофільтрування.....	24
1.4.2 Технологія очищення стічних вод методами електрокоагуляції та електрофлотокоагуляції.....	26
1.4.3 Технологія очищення стічних вод молокозаводу з використанням фільтрування на природних цеолітах.....	31
1.4.4 Анаеробно-аеробна технологія очищення.....	34
1.5 Вибір технології очистки стічних вод молокозаводу.....	36
1.6 Характеристика біологічного агента.....	42
РОЗДІЛ 2 БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	
ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОЗАВОДУ.....	54
2.1 Процес анаеробного зброджування органічних речовин	54
2.2 Процес аеробного окиснення органічних речовин.....	58
2.3 Характеристика очищеної стічної води	61
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	63
3.1 Сировина та матеріали.....	63
3.2 Опис технологічного процесу.....	66
3.3 Контроль виробництва.....	73
3.4 Матеріальний баланс	79

ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Узлії В.І				ЗМІСТ				
Конс.									
Реценз.									
Керіdn.	Козар М. Ю								
Затв.									
					Літ.	Арк.	Акрушів		
						7	109		
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71				

РОЗДІЛ 4 ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ	81
4.1. Розрахункові витрати стічних вод.....	81
4.2 Розрахунок коефіцієнта змішування стічних вод з водою річки Рось	82
4.3. Необхідний ступінь очищення стічних вод.....	83
4.4 Розрахунок аеротенка	84
4.5 Розрахунок вторинних відстійників.....	90
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	91
5.1 Охорона праці	91
5.2 Охорона довкілля	93
ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97
Додаток А.....	100

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Молочна промисловість включає перетворення сирого молока на пастеризоване та кисле молоко, йогурт, твердий, м'який сир, вершково-масляні вироби, морозиво, молочні та сироваткові порошки, лактозу, згущене молоко, а також різні види десертів. Загальні відмінності між цими продуктами харчування обумовлені використанням нежирного молока та сироватки (побічним продуктом у виробництві сиру) [1].

З огляду на стрімку індустріалізацію, що спостерігалася в минулому столітті, та зростання темпів виробництва молока (близько 2,8% річних), переробка молочних продуктів, як правило, вважається найбільшим промисловим джерелом стічних вод харчових продуктів, особливо в Європі.

Стоки, які утворюються на різних стадіях виробництва, не скидаються одночасно, і тим самим утворюють потік із широкими якісними та кількісними варіаціями. Незважаючи на відмінності у складі, які обумовлені продуктом, що виготовляється та технологічними операціями, стоки молочних підприємств відрізняються підвищеною температурою та високим вмістом органічних речовин і мають широкий діапазон рН, що вимагає спеціального очищення для усунення або зменшення шкоди навколишньому середовищу. Обробка стічних вод молокозаводів включає застосування механічних, фізико-хімічних та біологічних методів [1].

Механічна обробка зменшує частини завислих твердих речовин у стічній воді. Фізико-хімічні процеси ефективні при видаленні емульгованих сполук, але додавання реагенту збільшує витрати на обробку води та призводить до необхідності утилізації відпрацьованого реагенту. Іншим недоліком є дуже низьке зниження органічних сполук (ХСК).

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Узлії В.І.					9	109
Конс.								
Реценз.								
Керію.		Козар М. Ю						
Затв.								
						КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71		

Тому біологічні системи очищення стічних вод є більш доцільними для використання завдяки високому рівню розкладання біологічних забруднень [2].

Актуальність теми полягає в тому, що в Україні гостро постає питання очищення висококонцентрованих стічних вод, якими і є стоки із підприємств молочного сектору промисловості. Це призводить до пошуку нових технологій, які будуть ефективно очищати стічні води молокозаводів. З одного боку це внутрішньодержавна проблема охорони навколишнього середовища, з другого – необхідна умова для просування продукції підприємств харчової промисловості України на зовнішній ринок [2].

В останні роки виробництво молока і молочних продуктів, а також і кількість підприємств цієї галузі збільшилося. Це негативно вплинуло на стан поверхневих вод України.

Поверхневі води містять у своєму складі забруднюючі речовини природнього походження, причиною утворення яких є малий біогенний та великий геологічний колообіг природних речовин, а також забруднюючі речовини антропогенного походження. Наявність останніх у водному середовищі є результатом використання недосконалих технологій очищення побутових стічних вод промислових підприємств [3].

За останні роки в Україні спостерігається постійне зростання попиту на морозиво та кисломолочну продукцію (йогурти, ряжанку, кефір, сиркові маси) і зменшення об'єму виробництва пастеризованого молока; відповідно у стічних водах зростає концентрація нерозчинених органічних часток (кисломолочної продукції та сухого молока). Низька ефективність первинного відстоювання при очищенні стічних вод молокозаводів та зростання концентрацій завислих речовин є причинами пошуку нових рішень щодо очищення стічних вод підприємств молочної промисловості [2, 3].

Тому, **метою** дипломного проекту є обґрунтування та вибір оптимальної технології очищення стічних вод на прикладі молокозаводу «ЖЛК- Україна».

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними завданнями під час виконання дипломного проєкту є:

- навести джерела утворення стічних вод молокозаводу та їх характеристику;
- здійснити аналіз існуючих технологій очищення стічних вод молокозаводу;
- навести характеристику аеробного та анаеробного мулу як основних біологічних агентів при очищенні та описати біохімічні процеси очищення стічних вод;
- здійснити необхідні розрахунки основного та допоміжного обладнання;
- запроєктувати технологічну, апаратурну схеми та креслення аеротенка-витиснювача;;
- описати заходи стосовно охорони праці та довкілля, яких слід дотримуватись на станціях водоочистки.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ

1.1 Джерела утворення стічних вод молокозаводу

Вода відіграє ключову роль у переробці молока. Вона використовується на кожному кроці технологічних ліній, включаючи прибирання та миття, дезінфекцію, нагрівання та охолодження.

Основна частина стічних вод надходить із виробничих процесів. Забруднена вода, що використовується для санітарних потреб, сягає близько 50–80% від загальної кількості води, що споживається на молочному заводі, тоді як решта 20–50% є умовно чистою. Кількість та характеристики стічних вод значно залежать від розміру заводу, технології, що використовується, ефективності та складності методів очищення на місці, належної виробничої практики тощо. Однак введення практики може зменшити середній об'єм стічних вод у світі з 0,5–37 до 0,5–2 м³ стоку на м³ переробленого молока. На сьогодні розраховане об'ємне навантаження становить 1 м³ стоків на тонну виробленого молока [4].

На молочних заводах великі коливання якості та кількості стічних вод є дуже проблематичними, оскільки кожен молочний продукт потребує окремої технологічної лінії. Це призводить до зміни складу молочних стоків з початком нового циклу у виробничому процесі, що перешкоджає роботі заводських очисних споруд. Крім того, зазвичай спостерігаються інтенсивні об'ємні коливання стоків у часі. Щоденні та погодинні зміни є наслідком миття обладнання та підлоги як завершального етапу в кожному технологічному циклі. Фактична концентрація забруднюючих молочних стоків коливається в широких межах залежно від профілю та потужності компанії, технології виробництва,

ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ

					<i>ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ		
<i>Розроб.</i>		<i>Узлії В.І.</i>					
<i>Конс.</i>							
<i>Реценз.</i>							
<i>Керію.</i>		<i>Козар М. Ю</i>					
<i>Затверд.</i>							
					<i>/літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрюшів</i>
						12	109
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікарського, ФБТ, БЕ-71</i>		

типу використовуваного обладнання, ступеня повторного використання стічних вод, втрат сировини, поводження з відходами тощо [5].

Основним фактором об'ємного завантаження очисних споруд молокозаводів є залпові скиди, що утворюються при очищенні автоцистерн, трубопроводів або обладнання в кінці кожного циклу. У таких випадках об'єм стоків перевищує об'єм виробленого молока. В середньому скид стічних вод становить 70% від кількості прісної води, що використовується на заводі [6].

Стоки для переробки молочної продукції в основному включають молоко або молочні продукти, втрачені в технологічних циклах (пролите молоко, зіпсоване молоко, знежирене молоко та шматочки сиру); початкові культури, що використовуються у виробництві; побічні продукти процесів переробки (сироватка, молоко та сироватковий порошок); забруднення від миття молоковозів, цистерн, банок, обладнання, пляшок та підлоги; реагенти, що застосовуються в процедурах очистки на місці, охолодженні молока та молочних продуктів, для санітарних потреб, при пошкодженні обладнання або експлуатаційних проблемах; та різні добавки, що вводяться у виробництво. Втрати молока у стічних водах становлять близько 0,5–2,5% переробленого молока, але можуть зрости до 3–4% [7].

Технологічна вода

Технологічна вода утворюється при охолодженні молока в спеціальних охолоджувачах і конденсаторах, а також конденсатів від випаровування молока або сироватки. Переробка молока та сироватки утворює пари, які утворюють найчистіші стоки після конденсації, хоча вони можуть містити леткі речовини, а також молоко або краплі сироватки з випарників. Загалом у переробних водах не вистачає забруднюючих речовин, і після мінімальної попередньої обробки їх можна використовувати повторно або скидати разом із зливовими водами. Повторне використання води можливе для установок, які безпосередньо не контактують з похідними продуктами. Типове застосування включає виробництво гарячої води та пари, а також очищення мембрани. Воду від

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

охолодження продуктів під час пастеризації після останнього промивання пляшок та конденсату, що утворюються у вакуумних установках від вторинних парів, можна використовувати для прибирання приміщень, зрошення газону тощо [7, 8].

Санітарні стічні води

Санітарні стічні води утворюються у вбиральнях, душових кімнатах тощо. Санітарні стічні води за своїм складом подібні до комунальних стічних вод і, як правило, подаються безпосередньо в систему каналізації. Їх можна використовувати як джерело азоту для незбалансованих молочних стоків перед вторинною аеробною обробкою.

Стічні води молокозаводів включають в себе складові різного виду. Проаналізувавши склад молока та молочних продуктів, можна краще оцінити завантаження забруднювачів стічних вод. Переробка молочних продуктів виробляє потоки відходів, які на кожному етапі виробництва унікальні за обсягом та складом [7].

1.2 Характеристика та склад стічних вод молокозаводу

Стічні води молокопереробних підприємств належать до категорії висококонцентрованих стічних вод і мають нестабільний склад. Концентрація забруднюючих речовин стічних вод різних підприємств молочної галузі має широкий діапазон коливань: хімічне споживання кисню (XCK) = 1000–25000 мг $O_2/дм^3$, біохімічне споживання кисню ($БСК_{повн}$) = 700–10000 мг $O_2/дм^3$ (найбільші XCK і $БСК_{повн}$ – для сирзаводів та маслозаводів), вміст загального азоту становить від 20 до 170 мг/дм³. Такі розбіжності даних зумовлені не тільки різноманітним асортиментом продукції, що виробляється на підприємстві, але і нерівномірністю виходу і забрудненості стоку протягом доби. Діапазон змін рН середовища варіюється в межах 3,6 до 10,4, а температура становить від 15 до 35°C. Вміст жирів у стічних водах цехів, які випускають продукти із високим

					<i>ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вмістом жиру (наприклад, масло, вершки, сметана), становить 200 – 400 мг/дм³. Вміст лактози в стоках варіюється в межах 0,04–0,25%; вміст жиру: 0,01–0,15%. Мікробіологічна забрудненість стоків молокозаводів невисока і представлена, в більшій мірі, мікроорганізмами, які викликають молочнокисле, спиртове, пропіонокисле і маслянокисле бродіння [8].

У стічні води надходить в середньому 1,5% молочної сировини, яка переробляється на підприємстві.

Співвідношення вуглецю та азоту в стоках молокопереробних заводів складає 7-8, що зумовлено високим вмістом жиру. Співвідношення C/N у субстратах понад 6 є оптимальним для проведення анаеробної ферментації. На окремих підприємствах у складі стічних вод наявна невелика кількість азоту, що пов'язано з особливостями технологічного процесу та асортиментом продукції [7, 9].

В залежності від виду молокозаводу, і від продукції яка випускається, коливається і кількість завислих речовин в стічній воді. Для заводів з переробки молока вони складають в середньому 350-600 мг/дм³. В основному забруднення у вигляді суспензій представляють собою тверді частинки продукції, якими є частки сирних зерен, молочних плівок і сирної маси. Крім того, до складу завислої фракції входять і інші домішки неорганічного походження, основу яких складають ґрунт і пісок.

Органічна складова завислих речовин становить приблизно 90% від їх загальної кількості та їх концентрація, крім виду виробництва, залежить ще й від часу їх викиду, так як пікові навантаження відповідають періодам часу надходження стоків при митті обладнання від залишків молочної продукції та сировини. Значення ХСК і БСК_{повн}, що визначають зміст легкоокислюваних органічних речовин так само визначаються технологією переробки молока. У локальних стоках виробництва молочної та кисломолочної продукції вони дорівнюють відповідно 21800 і 9450 мг O₂/дм³ [9].

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Слід зазначити, що з огляду на характер забруднень стоків молокопереробки, схильних до реакцій бродіння, значення п'ятидобової проби БСК не має чіткого взаємозв'язку з характеристиками ХСК і БСК_{повн}, тому і не може бути використано для оцінки змісту легкоокислюваної органіки. Цим показником може служити співвідношення між ХСК і БСК_{повн}, що знаходиться для всіх стоків молокопереробки в діапазоні від 0,8 до 0,84, що багато в чому визначає методи їх очищення.

Жири в стоках молочних виробництв мають концентрацію, яка як і їх склад, залежить від виду продукції, що випускається, а також технологічними особливостями її отримання. Молочні жири, що становлять основну частину стоків цільномолочного виробництва, представляють собою кулясті частки, оточені оболонкою з гідратованих білкових молекул, що утворюють спливаючий шар при відстоюванні [9].

Стоки молочних виробництв мають у своєму складі:

1. Завислі речовини

Концентрація завислих речовин може коливатися доволі в широких межах – від 120 до 1100 мг/дм³, а при виробництві казеїну – до 2900 мг/дм³. Завислі речовини можуть бути представлені частинками твердих продуктів переробки молока (шматочками сиру, молочними плівками) й іншими домішками (грунт, пісок), які потрапляють в каналізацію при митті різного технологічного обладнання, тари та приміщень [9].

Більшість завислих речовин (до 90%) становлять органічні речовини білкового походження –кефір, ряжанка, сметана, йогурт, сир (при виробництві морозива – сухе молоко), які потрапляють у стічні води разом із миючими розчинами. Концентрація завислих речовин знаходиться в широких межах залежно від технологічного циклу виробництва. Коливання концентрації завислих речовин у стічних водах молочних заводів залежить і від часу надходження, найбільша кількість суспензії поступає в початковий період мийки обладнання.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Жири

Концентрація жирів коливається від 40 до 100 мг/дм³ для всіх цехів переробки, крім тих, які випускають заморожену продукцію, де їх концентрація складає 200-400 мг/дм³. Вони негативно впливають на систему каналізації, оскільки при транспортуванні вони мають здатність відкладатися на стінках трубопроводів та колекторів, тим самим знижуючи їх пропускну здатність і прискорюючи вилуговування бетону. Наявність жирів призводить до порушення процесу біологічного очищення, так як при розкладанні жирів утворюються жирні кислоти і змінюється реакція середовища до рН 4,5-5. У результаті цього в активному мулі розвиваються переважно нитчасті форми бактерій, що збільшує муловий індекс і посилює винос мулу із відстійників [7, 9].

Вміст жирів у стічних водах молокозаводів визначається в основному асортиментом продукції, яка випускається та технологією виробництва. В залежності від цих чинників змінюється не тільки концентрація жирів в стічних водах, а й самий вид цих забруднень. Стічні води цільномолочного виробництва містять жири в тому ж вигляді, що і натуральне молоко, оскільки втрати молока є основним забрудненням цих стоків. Жири у складі молока представляють собою дрібні кульки, що оточені гідратованою білковою оболонкою, які дуже повільно спливають при відстоюванні стічних вод.

При виробництві високожирної продукції (вершків, сметани, масла) з молока витягуються великі кульки жиру, відбувається їх злипання та укрупнення, а також руйнування білкової оболонки. Тому жирові домішки, які містяться у стічних водах таких виробництв, дуже відрізняються за видом і концентрацією від подібних забруднень стічних вод інших молокозаводів. Виділення жирових домішок із стічних вод при виробництві високожирної продукції, наприклад шляхом відстоювання рідини, відбувається досить швидко та ефективно, ніж із стічних вод інших виробництв [8, 9].

При санітарному аналізі стічних вод визначають вміст жирів і жироподібних речовин, екстрагуючи ефіром або хлороформом. Концентрація

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

екстрагуючих речовин у стічних водах заводів і цехів, спеціалізованих на випуску високожирної продукції, складає 200-400 мг/дм³, у стічних водах інших видів виробництва зазвичай не перевищує 100 мг/дм³ [6, 9];

3. Вміст *загального фосфору* коливається в межах від 12 до 85 мг/дм³;

4. Аналогічна картина і для *загального азоту*, вміст якого у стічних водах міських молокозаводів, молочноконсервних комбінатів, маслоробних заводів становить 42 мг/дм³, або 4,2-6% від БСК_{повн}; сироробних заводів – 90 мг/дм³, або 3,7% від БСК_{повн} [9].

У стічних водах молочних заводів азот міститься в основному у вигляді аміногруп білкових сполук. У невеликих кількостях у стоки потрапляє також азот амонійних солей із аміачних компресорів.

Концентрації солей азоту та фосфору є достатньою для нормального протікання процесу біологічної очистки стічних вод підприємств молочної промисловості і розмноження бактерій, що беруть участь в окисненні забруднень цих стоків [9].

5. Вміст *хлоридів* коливається від 60 до 450 мг/дм³. Наявність хлоридів у стічних водах молокозаводів обумовлено використанням у виробництві кухонної солі, потраплянням у каналізацію охолоджуючих розсолів, присутністю хлоридів у свіжій воді, молоці, миючих розчинах. Досить високий вміст хлоридів дозволяє застосувати для очищення стічних вод молочних заводів методи електрофлотації та електрокоагуляції [8, 9];

6. Концентрація *сульфатів* становить від 18 до 70 мг/дм³.

До фізико-хімічних показників стоків молокозаводів відносяться значення рН, БСК_{повн} та ХСК [9].

Активна реакція свіжої стічної води молокозаводу найчастіше нейтральна або слаболужна, але легко переходить у кислу внаслідок зброджування молочного цукру. Значення рН стічних вод у значній мірі визначається технологією виробництва та асортиментом продукції, що випускається. Для виробництв, не пов'язаних з процесами молочнокислого бродіння, рН стоку

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

близький до нейтрального (6,8-7,4 для молочноконсервних комбінатів, маслоробних заводів). На сироварних заводах, міських молокозаводах та інших підприємствах, що виробляють сир і кисломолочні продукти, в каналізаційну мережу скидається певна кількість сироватки, що обумовлює зниження рН стічних вод до 6,2 [9].

Стічні води підприємств молочної галузі характеризуються різкими коливаннями показника рН протягом доби, що часто викликається також скидом в каналізацію кислотовмісних і лужних реагентів, що застосовуються при митті обладнання. У першому випадку рН знижується до 2-3, що викликає швидкий гідроліз органічних забруднень продуктів молокопереробки з утворенням органічних кислот (в основному молочної), а в другому різке короткочасне підвищення рН загального стоку до 9-11 може бути пояснено залповим скиданням лужних миючих розчинів, які в основному застосовують на молочних заводах [7, 9].

Крім того, органічні кислоти, що утворюються в процесі скисання молока при одержанні сиру, кефіру та інших кисломолочних продуктів, підкислюють стічні води до рН, рівного 3-4.

Води підприємств молочної галузі характеризуються високими концентраціями розчинених органічних речовин за показниками ХСК і БСК_{повн} (найбільші - для казеїнового виробництва, сироробних заводів та маслозаводів) через присутність в них великої кількості молочних білків, цукрів та жирів [6].

Кількість бактерій у стічних водах традиційно характеризується таким інтегральним показником як біологічне споживання кисню (БСК_{повн}). В стічних водах молокозаводів БСК_{повн} варіює від 800 - 30000 мг О₂/дм³. Традиційні біохімічні методи очищення дозволяють очистити воду, починаючи з 600 мг О₂/дм³.

Так, концентрації забруднень досягають, мг О₂/дм³: органічних речовин за ХСК - 3500 (для казеїнового виробництва 62000), БСК_{повн} - 3200 (для казеїнового

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництва — 26400), молочних жирів — до 100 (на цехових випусках 200- 600), азоту амонійного— до 50, фосфатів— до 20 [7].

1.3 Характеристика молокозаводу

Склад стічних вод було оцінено на прикладі молокозаводу «ЖЛК – Україна».

Публічне акціонерне товариство «ЖЛК – Україна» було перейменовано з відкритого акціонерного товариства «Віта» 21 вересня 2010 року на підставі рішення зборів акціонерів [10].

Товариство з обмеженою відповідальністю «Віта» було створено в процесі приватизації шляхом перереєстрації з орендного підприємства 12 січня 1995 року.

Підприємство «ЖЛК - Україна» займає територію, загальна площа якої становить 5,2 га. Головний виробничий корпус компанії був побудований в 1961 році. Центральний офіс ПАТ «ЖЛК - Україна» знаходиться в місті Біла Церква, Україна [10].

Підприємство «ЖЛК - Україна» має проектну потужність, яка прирівнюється до 25 тис. тонн молока в рік, але в період «планової економіки» обсяг переробки сировини доходив до 80 тис. тонн. Після відмови від «планової економіки» кількість сировини знизилася до 5-6 тис. тонн.

За останні роки, починаючи з 2015 року, обсяг сировини, що переробляється збільшився з 6644 тонн до 12870 тонн в 2019 році [10].

Відділ закупівлі веде активну роботу по зміцненню співпраці з великими виробниками сировини, які забезпечують необхідні умови його якісного виробництва і зберігання. Так, за останні три роки кількість постачальників сільськогосподарських підприємств збільшилася в два рази. Деякі з них виробляють по 4-6 тонн молока на добу.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сьогодні сировинна зона підприємства розташована в десяти районах двох областей України в радіусі 100 кілометрів від підприємства. 25% від загального обсягу сировини забезпечує населення, і 75% - сільськогосподарські підприємства [10].

На даний час компанія «ЖЛК - Україна» прагне створити стабільну сировинну зону та з цією метою розвиває свою матеріальну базу, набуває власні молоковози, створює обладнані пункти збору молока в селах [9].

Структура виробництва

ПАТ «ЖЛК-Україна» складається з наступних структурних підрозділів:

- основне виробництво;
- допоміжне виробництво;
- непромисловий персонал (апарат управління і працівники торговельної сфери).

До складу основного виробництва входять:

- цех по виробництву вершкового масла і цільномолочної продукції з низьким відсотком жирності;
- цех по виробництву морозива;
- лабораторія;
- відділення прийому молока;
- тарний склад;
- склад готової продукції.

До складу допоміжного виробництва входять:

- механічний сектор;
- енергетичний сектор;
- компресорне відділення.

Асортимент

ПАТ «ЖЛК-Україна» володіє зареєстрованими торговими марками «Віта», «Фриго» і «JLC». Тому підприємство випускає широкий асортимент продукції, що нараховує до 60 видів молочної продукції і до 40 видів морозива [10].

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Молочна продукція випускається під торговою маркою «Віта» і включає: молоко питне, кисломолочні продукти, сметану і сметанні продукти, масло, спреди, сир і сирні продукти, сирні вироби, сироватку.

Компанія «ЖЛК-Україна» - єдиний виробник в Україні, який випускає молочну продукцію в «трикутних» пакетах «тетра-класик». Молоко і кефір в такий зручній упаковці користуються великим попитом у покупців.

У 2008 році компанія «ЖЛК-Україна» розпочала виробництво молочної продукції, призначеної для однієї з найбільших світових торгових мереж - французької компанії ТОВ "Ашан". З 2011 підприємство співпрацює з українською національною мережею супермаркетів «Фудмаркет» у сфері виробництва морозива [10].

Крім продукції з незбираного молока, ПАТ «ЖЛК-Україна» також виробляє морозиво під торговою маркою «Фриго». Підприємство пропонує широкий і різноманітний спектр морозива «Фриго», яке виготовляється на молочній основі, на основі плодів і ягід - сорбети, або на комбінованій основі – щербети [10].

Усереднений вміст забруднюючих речовин стічних вод молокозаводу наведено в табл. 1.1 [10]

Таблиця 1.1 Вміст забруднюючих речовин стічних вод молокозаводу до процесу очищення [10]

Показник	Одиниці виміру	Значення показника
pH	од.	6,3
Завислі речовини	мг/дм ³	550
ХСК	мг O ₂ /дм ³	21800
БСК _{повн}	мг O ₂ /дм ³	9450
Фосфати	мг/дм ³	12,5
Азот загальний	мг/дм ³	43,6
Жири	мг/дм ³	42,2

Надходження забруднень у стічні води протягом доби носить нерівномірний характер. Так, в процесі промивання технологічного обладнання

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

концентрації забруднень зростають в 2,5-4 рази порівняно з їх середньодобовими величинами [11].

Якісні та кількісні характеристики стічних вод залежать від потужності молокозаводу та асортименту продукції, при цьому витрата свіжої води становить у середньому 3-12 м³/т молока. Проблема очищення стічних вод, що утворюються в технологічному процесі молочного виробництва - це, перш за все, проблема знезараження [9].

Основним забруднювачем у стічних водах переробки молока є сироватка через її високе органічне та об'ємне навантаження. Вона становить близько 85–95% обсягу молока та 55% компонентів молока. Сироватка складається з вуглеводів (4–5%), переважно лактози. Білки та молочна кислота становлять менше 1%, жири приблизно 0,4–0,5%, тоді як вміст солей варіюється від 1 до 3%. Сироватка виробляється переважно у виробництві сирів, а її обсяги залежать від продуктивності сиру та виду переробленого молока – бичачого, козячого, овечого тощо. На основі процедур згортання казеїну молока сироватку можна класифікувати як сирну сироватку та другу сирну сироватку [7].

Сирна сироватка є побічним продуктом при виробництві твердого, напівтвердого та м'якого сиру після додавання реніну до молока. Помірна ферментна дія утворює солодку сироватку з рН = 6–7. Друга сирна сироватка є побічним продуктом у виробництві сиру після того, як молоко зброджується або згущується з органічними або мінеральними кислотами. Через сильні кислотні умови сироватка має кислий смак, тоді як середнє значення рН рідко перевищує 5. Солодка та кислотна сироватка також відрізняються за вмістом мінералів та білків [7].

Потоки відходів сироваткової сировини є цінними джерелами різних сполук (білка, лактози, мінеральних елементів) і використовуються у виробництві різних продуктів, таких як молочна кислота, одноклітинний білок, хлібопекарські дріжджі, закваски, ферментовані сироваткові напої, ферменти, антибіотики, органічні кислоти, вітаміни, тощо. Тим не менш, слід враховувати,

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що сироватка або сироватковий продукт призводить до нових потоків відходів, які також потребують очищення, хоча такі стоки менш забруднені, ніж сироватка [7].

Молоко та сироватка є побічними продуктами у виробництві сиру; вони виробляються під час ультрафільтрації молока та сироватки відповідно. Тверда фракція у них нижча; вони багаті розчинними сполуками, понад 80% яких становить лактоза [7].

1.4 Обґрунтування вибору технології очищення стічних вод молокозаводу

1.4.1 Технологія очищення стічних вод молокозаводу методом біофільтрування

Для очищення стічних вод молокозаводу використовуються методи біологічного очищення. Дана технологія включає в себе фільтрування стічних вод на затопленому біофільтрі.

Схема технології наведена на рисунку 1.1.

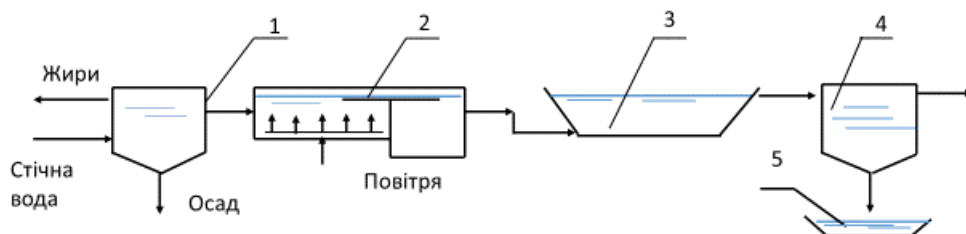


Рисунок 1.1 Технологічна схема біологічного очищення стічних вод молокозаводу на затопленому біофільтрі [11]:

1 – блок механічного очищення (жироуловлювач, піскоуловлювач, первинний відстійник), 2 – усереднювач, 3 – затоплений біофільтр, 4 – вторинний відстійник, 5 – майданчик для підсушування осаду

Технологія складається з блоку механічного очищення (1), у якому відбувається затримка та вилучення важких мінеральних частинок, крупних

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відходів та жирів. Усереднювач (2) дає можливість вирівнювати значення показників забруднення (рН, ХСК, БСК_{повн} та ін.) і витрату стоків. Окрім того, завдяки тривалій аерації (понад 8 год.) за рахунок процесів біосорбції та біофлокуляції БСК_{повн} стічних вод зменшується на 10-25%, значна частина розчинених органічних сполук переходить у нерозчинну форму, а стічні води насичуються киснем перед подачею на затоплений біофільтр [11, 12].

Біологічне очищення стічних вод молокозаводу відбувається в затопленому біофільтрі в декілька етапів. При потраплянні у нижні шари завантаження за допомогою розподільчої системи, що прокладається вздовж споруди, стічна вода просочується у верхні шари. На цьому етапі відбувається сорбційно-окиснювальний процес за рахунок бактерій біоплівки. У завантаженні затримується значна кількість завислих речовин, а також відмерла біоплівка і активний мул. У верхній шарі культивуються трубовики, які дуже активно споживають завислі речовини органічного характеру та здійснюють регулювання росту біомаси, завдяки чому значною мірою зменшується кількість осадів [12].

При влаштуванні надфільтрового шару води відбувається культивування у споруді водної флори, яка у свою чергу забезпечує очищення стічних вод до високих показників якості. Також при сприятливих умовах, що забезпечуються у надфільтровому шарі відбувається культивування різних ракоподібних, таких як циклопи та дафнії. Вони вилучають зі стічної води завислі органічні речовини та мінеральні частинки, сприяючи просвітленню стічної води [12].

У біофільтрі (3) відбувається вилучення та окиснення затриманих органічних сполук. Відмерлу біоплівку та частинки мулу, що виносяться із затопленого біофільтра, затримують у вторинних відстійниках (4). У необхідності доочищення стічних вод після відстійника влаштовують біоставки з природною аерацією. Для підсушування утворених осадів використовують мулові майданчики (5). Осад можна використовувати як добриво у сільському господарстві [12].

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дана технологія дозволяє отримати такий ефект очищення: ХСК 86-92 %, БСК_{повн} – 88-97%, завислі речовини – 80-84%, амонійний азот – 85-98%, що дає можливість подачі даних стічних вод після доочищення на міські очисні споруди [13].

Основним недоліком для запровадження цієї технології є можливість використання лише для невеликих об'ємів стічної води, оскільки потрібна велика площа для розміщення споруд [11, 12].

1.4.2 Технологія очищення стічних вод методами електрокоагуляції та електрофлотокоагуляції

З електрохімічних методів очищення стічних вод поширення одержав метод електрокоагуляції. Цей метод використовується у системах локального очищення стічних вод, які забруднені тонкодисперсними і колоїдними домішками. Очищення здійснюють від різних емульсій, масел, жирів, нафтопродуктів, сполук хрому й інших важких металів. Ефективність очищення за допомогою даного методу становить: від нафтопродуктів і масел 54–68 %, від жирів – 92–99 % [11].

При очищенні стічних вод молокопереробних заводів постає найбільша проблема – наявність жирів. Вони негативно впливають на систему каналізації, при відкладенні на стінках трубопроводів та колекторів, і як наслідок знижують їх пропускну здатність. Також наявність жирів призводить до порушення процесу біологічного очищення. При процесі розкладання жирів утворюються жирні кислоти і значення рН змінюється до 4,5-4. Як наслідок у активному мулі відбувається утворення та розвиток різних форм нитчастих бактерій, значно збільшується муловий індекс, посилюється винос мулу із відстійника. Електрокоагуляційні установки мають продуктивність 50 м³ год [11].

Метод електрокоагуляції є другим після реагентного. Цей метод не вимагає дефіцитних реагентів і має ряд переваг, таких як універсальність, відсутність

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

додаткового сольового забруднення води в процесі очищення, невеликі розміри установок, компактність установок і простота керування, відсутність потреби в реагентах, повна відсутність або спрощення реагентного господарства, простота обслуговування устаткування, слабка чутливість до змін умов проведення процесу, одержання шламу з кращими структурно-механічними властивостями [11, 12].

Електрокоагуляцію застосовують головним чином для очищення нейтральних і слабколужних стічних вод. Застосування електрохімічних методів доцільно при відносно високій електропровідності стічних вод, обумовленої наявністю в них неорганічних кислот, лугів або солей. При низьких концентраціях солей до стічних вод додають електроліти (зазвичай NaCl), що підвищують електропровідність стічних вод, у результаті чого знижуються питомі витрати електроенергії на їхню обробку.

Даний метод очищення стічних вод, заснований на електролізі з використанням металевих (сталевих або алюмінієвих) анодів, що піддаються електролітичному розчиненню. У результаті розчинення анодів вода збагачується відповідними іонами, що утворюють потім у нейтральному або слабколужному середовищі гідроксид алюмінію або гідроксид заліза. Під їхньою дією відбувається процес коагуляції високодисперсних речовин, що втримуються у воді, аналогічний обробці води відповідними солями алюмінію або заліза [12].

Однак, на відміну від застосування сольових коагулянтів, при електрокоагуляції вода не збагачується сульфат- і хлорид-іонами, вміст яких в очищеній воді лімітується як при скиданні її у водойми, так і при повторному використанні в системах виробничого водопостачання.

При електрокоагуляції стічних вод, що містять тонкодисперговані домішки, протікають й інші електрохімічні, фізико-хімічні й хімічні процеси: катодне відновлення розчинених у воді речовин, флотація твердих й емульгованих часток пухирцями газоподібного водню, що виділяється на катоді.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім того, відбувається сорбція іонів і молекул розчинених домішок, а також часток, емульгованих у воді домішок, на поверхні гідроксиду алюмінію (заліза), які володіють значною сорбційною здатністю, особливо в момент утворення. Пластівці гідроксиду металу із сорбованими забрудненнями, зіштовхуються з пухирцями газу, з'єднуються з ними й спливають на поверхню рідини. Деякі частки забруднень, що мають пластівчасту структуру, можуть самокоагулювати один з одним тим самим, збільшуючи ефект гетерокоагуляції всієї системи. Для відділення пластівців коагулянту із сорбованими забрудненнями застосовують наступне відстоювання або флотацію [12].

На ефективність електрокоагуляції впливають: матеріал електродів, відстань між ними, швидкість руху води між електродами, температура й склад води, напруга й щільність струму. Електрокоагуляцію рекомендується проводити у нейтральному або слабколужному середовищі за наступних умов: щільність струму не більше за 10 А/м^2 , відстань між електродами – не більше за 20 мм, швидкість руху води не менше ніж 0,5 м/с.

Як аноди використовують графіт, магнетит, свинець і його з'єднання, кремнієві сплави й ін. Катоди виготовляють із графіту, молібдену, сплаву вольфраму із залізом або нікелем, нержавіючої сталі й ряду інших речовин [11].

Аноди й катоди часто виготовляють із того самого матеріалу, що дозволяє підвищити ресурс роботи апарата, періодично змінюючи полярність електродів. Найчастіше електроди виготовляють із заліза або алюмінію. Під дією постійного електричного струму аноди розчиняються з утворенням гідроксидів або солей металів, здатних до коагуляції.

На практиці зазвичай використовують безнапірні пластинчасті електрокоагулятори, напрямок руху рідини в які може бути горизонтальним або вертикальним. Вони можуть бути однопотоковими, багатопотоковими або змішаними. У разі багатопотокової схеми руху рідини, вода проходить одночасно через проміжки між електродами (паралельне сполучення каналів).

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електрокоагулятор являє собою корпус прямокутної або циліндричної форми, у який поміщають електродну систему [12].

Часто при проведенні електрофлотації використовують попереднє введення в стічні води коагулянтів. За рахунок цього ефективність флотації істотно підвищується.

Одночасне утворення пластівців коагулянту й пухирців газу в стиснутих умовах міжелектродного простору створює передумови для надійного закріплення газових пухирців на пластівцях й інтенсивній коагуляції забруднень, що забезпечує ефективність флотаційного процесу. Такі установки називаються електрокоагуляційно-флотаційними. При пропускній здатності до 10- 15 тис. м³/год установки можуть бути однокамерними, а при більшій пропускній здатності - двокамерними горизонтального або вертикального типу [11, 12].

Коагулянти можна вводити безпосередньо у вигляді відповідних солей або за рахунок організації активного анода. Тобто, організується попередня (перша) секція електрокоагуляції, де відбувається розчинення анода й утворення гідроокисних структур, які виконують коагулюючі функції. У другій секції протікає основний процес електрофлотації за рахунок пухирців газів, що утворюються на графітових електродах. Третя секція організовується, якщо необхідно додаткове знезаражування очищених стічних вод. У ній за рахунок певного розташування електрода збільшується поверхня його контакту з водою й збільшується кількість пухирців кисню, що утворюються, які виконують функцію окислювача [12].

Метод електрофлотокоагуляції (ЕФК) дозволяє одночасно здійснювати два процеси – зміна дисперсного стану домішок за рахунок їхньої коагуляції під дією електричного поля – коагуляція й закріплення пухирців електролітичного газу на поверхні часток, які коагулюють, що забезпечує їхню наступну флотацію. Особливо ефективний процес при анодному (катодному) розчиненні металу електродів. Це пояснюється тим, що коагулюючи активність електрогенерованих

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реагентів на відміну від коагулянтів, отриманих при гідролізі солей металів, значно вище. Технологічна схема методу електрофлотокоагуляції наведена на рисунку 1.2 [12].

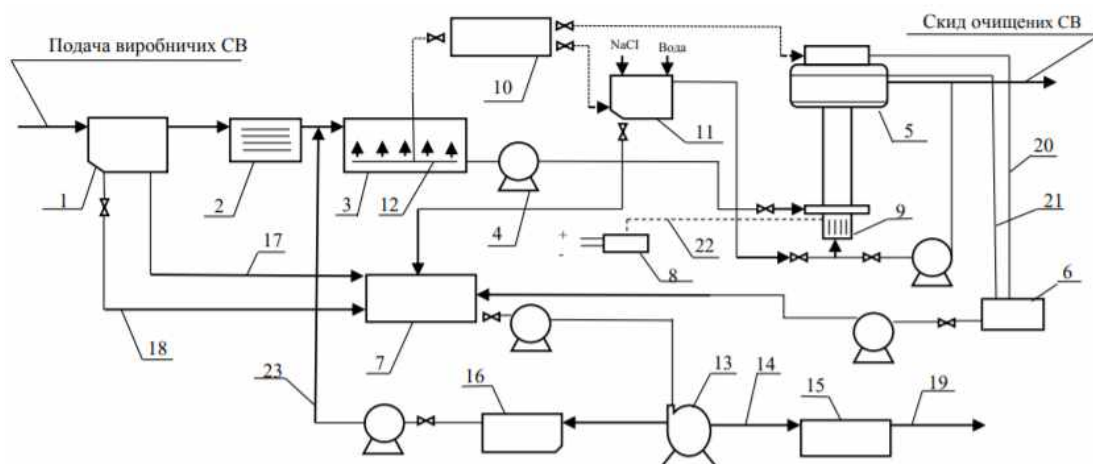


Рисунок 1.2 – Технологічна схема очищення стічних вод молокозаводу методом електрофлотокоагуляції [12]:

1 – жироловлувач, 2 – решітки-дробарки, 3 – усереднювач, 4 – машинне відділення насосної станції, 5 – електрокоагулятор-флотатор, 6 – піногасник, 7 – резервуар осаду, 8 – випрямляч постійного струму 9 – система електродів, 10 – повітрорудна станція, 11 – реагентне господарство, 12 – подача повітря в усереднювач, 13 – вакуум фільтр; 14 – зневоднений осад, 15 – резервуар кеку, 16 – резервуар-накопичувач мулової води, 17 – відведення жирової маси, 18 – подача осаду з жироловлувача, 19 – кек на вивезення, 20 – відведення пінного продукту, 21 – подача шламу, 22 – скид осаду з реактентного господарства, 23 – подача мулової води

Основними стадіями процесу ЕФК є генерація електролітичного коагулянту, генерація електролітичного газу, коагуляція домішок, закріплення електролітичного газу на поверхні коагульованих домішок (утворення флотокомплексів) і спливання флотокомплексів. У процесі ЕФК на поверхні води утворюється шар піни, що зішкрібається з поверхні апарата механічними шкребками, а потім піддається гасінню в піногаснику. Потім осад

обезводнюється на спеціальних фільтрах, кек (обезводнений осад) вивозиться на компостування, а фугат направляється в "голову" очисних споруд на повторне очищення [11, 12].

Комбінований метод, що включає електрокоагуляцію й електрофлотацію (ЕФК) відрізняється високим ефектом виділення зі стічної води забруднень, більш економічний за витратами електроенергії й металевих електродів у порівнянні з електрокоагуляцією. При ЕФК установки відпадає необхідність введення реагентів в очищувану рідину. Піна, одержувана при електрокоагуляції має високу стійкість. Ефект очищення в ЕФК апаратах становить за жирами 96–97%, за завислими речовинами 90–92 %, за ХСК – 65 %, за БСК_{повн} – 70–75 %.

Стимулюючим фактором і головним недоліком застосування цього методу при очистці стічних вод молокозаводу є підвищена витрата електроенергії, листового заліза й алюмінію. Тому необхідність використання даного методу в кожному конкретному випадку повинна бути економічно обґрунтована [12].

1.4.3 Технологія очищення стічних вод молокозаводу з використанням фільтрування на природних цеолітах

Відомо, що адсорбційні методи переважно застосовують для глибокого очищення і доочищення стічних вод від розчинених органічних речовин після біохімічного очищення, а також в локальних установках якщо концентрація цих речовин у воді невелика і вони біологічно не розкладаються або є дуже токсичними [11].

Верхня межа застосування сорбційних методів 1000 мг/дм³, нижня межа застосування 5 мг/дм³. Застосування локальних установок вважається доцільним, якщо речовина добре абсорбується при невеликій питомій витраті адсорбенту, а концентрація забруднювача наближається до верхньої межі. Системи сорбційної доочистки працюють при порівняно низьких концентраціях

					<i>ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забруднювача (до 100 мг/дм³), високій допустимій лінійній швидкості стоку і високих коефіцієнтах розподілу сорбата в сорбенті і розчині. Адсорбцію вже використовують для знешкодження стічних вод від фенолів, гербіцидів, пестицидів, ароматичних нітросполук, ПАР, барвників та ін [12].

Перевагою методу є висока ефективність, можливість очищення стічних вод, що містять у своєму складі декілька речовин, а також рекуперації цих речовин. Асортимент сорбентів за останній час значно збагатився. Є на ринку найрізноманітніші сорбенти. Адсорбційна очистка вод може бути регенеративною, витяганням речовини з адсорбенту і його утилізацією. Вона може бути деструктивною, при якій витягнуті з стічних вод речовини знищуються разом з адсорбентом.

Ефективність адсорбційної доочистки стічних вод досягає 80-95% і залежить від хімічної природи адсорбенту, величини адсорбційної поверхні і її доступності, від хімічної будови речовини і хімічної форми його знаходження в середовищі. В якості сорбентів використовують активоване вугілля, синтетичні сорбенти і деякі відходи виробництва (золу, шлаки, опоки, тирса та ін.) [11].

Ефективним природним мінералом для очищення води можуть служити цеоліти, які завдяки пористій структурі здатні вбирати в себе агресивні та токсичні сполуки. Цеоліт, через особливості своєї кристалічної структури являє собою тривимірне «сито», яке також володіє високими адсорбційними та іонообмінними властивостями [11].

На сьогоднішній день для очищення стічних вод молокозаводу використовується дана технологія, схема якої зображена на рисунку 1.3 [11].

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

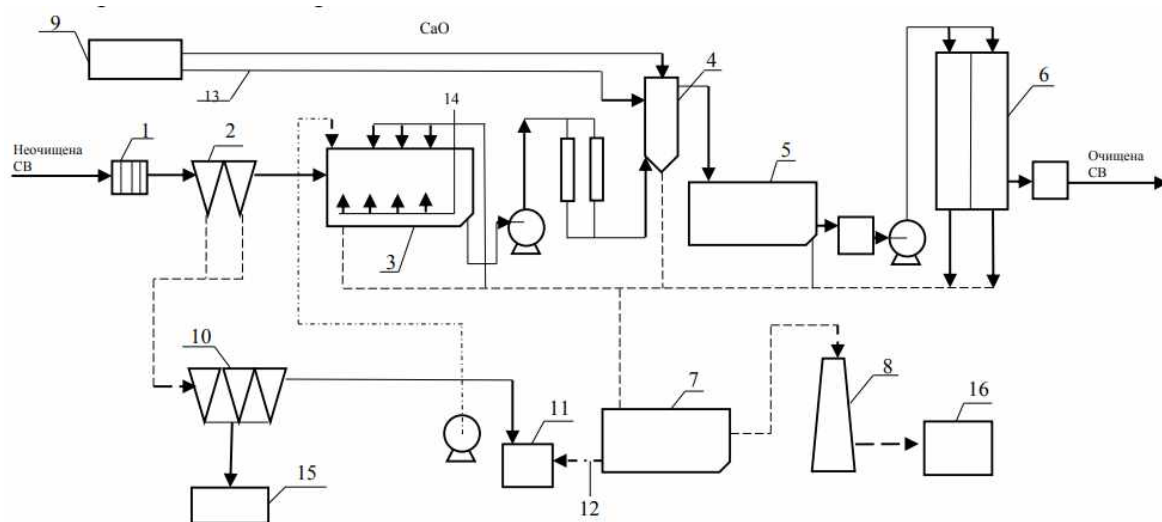


Рисунок 1.3 – Технологічна схема очищення стічних вод молокозаводів з використанням природного цеоліту [11]:

1 – решітка, 2 – пісковловлювачі, 3 – накопичувач-усереднювач, 4 – змішувач, 5 – відстійник. 6 – фільтри, 7 – мулоущільнювач, 8 – фільтр-прес, 9 – реагентне господарство, 10 – бункери для піску, 11 – ємність для фільтрату (стічні води), 12 – декантат, 13 – сорбент, 14 – стиснене повітря, 15 – піскові майданчики, 16 – осад на утилізацію.

Спочатку стічні води проходять стадію механічної очистки, що включає в себе решітки, пісковловлювачі тощо [11].

Стічні води, які містять у своєму складі білки, емульгований жир та молочну кислоту подаються у флотатор (3). Піна, що утворилась і містить флотоконцентрат відводиться із системи у мулоущільнювач (7).

Потім стічна вода поступає в електрокоагулятор з алюмінієвими електродами (11). Після того, як вода пройшла процес коагуляції вона надходить у змішувач (4), що виконує адсорбційну функцію. На цьому етапі відбувається змішування стічної води, оксиду кальцію та активованого вугілля [12].

Утворений осад відводиться у мулоущільнювач (7), а очищена стічна вода направляється у відстійник, у якому відбувається розділення твердої фази у вигляді флотату та осаду, що також подаються у мулоущільнювач (7) [12].

Очищена від органічних домішок вода поступає в адсорбер неперервної дії з цеолітовим завантаженням (6). Тут відбувається процес остаточного очищення від неорганічних речовин. Для регенерації сорбенту подають розчин NaOH у протилежному напрямку до подачі стічних вод [11].

Після процесу очищення стічні води можуть направлятись в каналізаційну мережу або, збираючись у збірнику очищеної води (12), подаватись у замкнений цикл водопостачання.

Утилізований осад, що потрапляє у мулоуцілювач (7) утворює фільтрат, який у свою чергу подається у флотатор (3). У фільтр-пресі (8) відбувається зневоднення осаду, в результаті чого також утворюється фільтрат, який подається на початковий етап схеми очистки. Після стабілізації осад можна використовувати як органічне добриво [12].

Розглянута схема дозволяє досягнути високих показників очищення стічної води від забруднень, проте існує проблема утилізації відпрацьованого цеоліту [12].

1.4.4 Анаеробно-аеробна технологія очищення

В технологіях очищення висококонцентрованих стічних вод анаеробні процеси використовували і раніше (в септиках, двох'ярусних відстійниках, освітлювачах-перегнивачах, метантенках та інших спорудах), тоді як останнім часом до них звертаються усе частіше, застосовуючи нові типи біореакторів [13].

Перед подачею на біореактори стічні води молокозаводу повинні пройти попереднє очищення. Спочатку необхідне механічне очищення на решітках, ситах, волокноуловлювачах, шерстежироуловлювачах та інших пристроях для видалення грубодисперсних домішок, які перешкоджають експлуатації трубопроводів, арматури, насосів, засмічують отвори перфорацій в рециркуляційних трубопроводах та створюють інші проблеми [14].

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наступним етапом попередньої підготовки висококонцентрованих стічних вод повинна бути фізико-хімічна обробка з використанням флотаційних методів, після якої стічні води спрямовують на споруди біологічного очищення, які працюють по принципу «біоконвєсєра» [15].

При використанні на першій стадії біологічного очищення анаеробного процесу замість аеробного із стічних вод видаляється значна кількість забруднєнь (до 85-95%) при меншому прирості біомаси - більш ніж у 10 разів порівняно з аеробним, досягається економія електроенергії, виробничих площ для розташування споруд та ін. Для промислових підприємств (легкої, харчової галузей) пропонується анаеробно-аеробна технологія з обробкою стічних вод на першому ступені-в анаеробному реакторі, на другому- в аеротенку. Схема технології наведена на рисунку 1.4. Використання анаеробного процесу на перших етапах очищення висококонцентрованих стічних вод з високим ХСК дозволяє більш глибоко очистити стічну воду в наступних аеротенках [15].

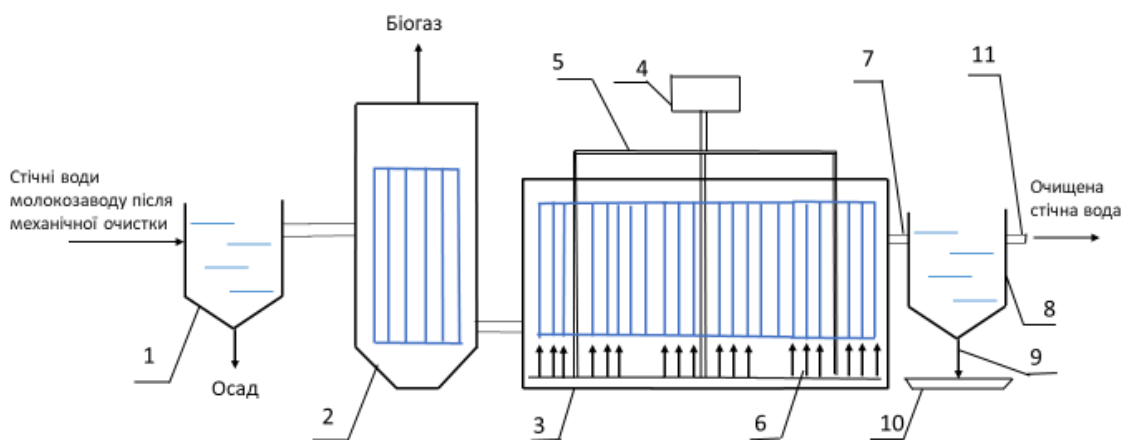


Рисунок 1.4 Технологія анаеробно-аеробного очищення стічних вод молокозаводу [15]:

1 – первинний відстійник; 2 – UASB реактор; 3 – аеротенк; 4 – повітродувна станція; 5 – повітропровід; 6 – аерація; 7 – відведення стічної води з аеротенка; 8 – вторинний відстійник; 9 — відведення осаду; 10 – мулові майданчики; 11 – трубопровід відведення очищеної стічної води.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ

Арк.
35

Після блоку механічної очистки, які представляють собою решітки, жировловлювачі, пісковловлювачі, стічні води молокозаводу направляються у первинний відстійник (1), де відбувається відстоювання стічних вод. Далі вони поступають у UASB реактор (2) [15,16].

Реактор має зони зброджування, газовідокремлення і відстоювання стічної води. В зоні зброджування знаходиться шар гранул анаеробного мулу, який підтримують в завислому стані потоками біогазу і стічної води, яку подають в нижню частину реактора. При висхідному її русі через шар мулу відбувається розкладення органічних речовин за допомогою мікроорганізмів з утворенням біогазу [14].

Після того, як більшість органічних речовин розклалися у UASB реакторі стічні води самопливно подаються в аеротенк (3), де знаходиться активний мул. Там відбувається подальше розщеплення органічних речовин мікроорганізмами-аеробами. Для підтримки їхньої життєдіяльності в аеротенку забезпечується аерація за допомогою повітродувної станції.

Запропонована технологія забезпечує високу ефективність очищення стічних вод молокозаводу: від органічних забруднень ХСК – 93-96%, від азоту амонійного – 98,2-99,6% [15].

Після біологічного очищення стічні води надходять у вторинний відстійник (8), де відбувається їх освітлення.

1.4 Вибір технології очистки стічних вод молокозаводу

Стічні води молокопереробного заводу мають високе навантаження по БСК_{повн}, тому обираємо двоступеневу схему анаеробно-аеробного очищення.

Перспективність використання даної технології є безсумнівна, адже розроблена технологія попереднього очищення стічних вод дозволяє ефективно очистити стічну воду від жирів, завислих і колоїдних частинок, здійснити деструкцію високомолекулярних органічних речовин до більш простих речовин.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливістю стічних вод молокозаводу – значна присутність в них фосфатів, що зумовлене надходженням в каналізацію стічних вод від миття обладнання по виготовленню сухого молока та сухої сироватки - що міють фосфатом кальцію, який випадає в осад на поверхні теплообмінних апаратів та утворює з денатурованими сироватковими білками так званий молочний пригар, який при митті апаратів з промивними водами надходить в каналізаційну мережу підприємства. Склад сухих речовин в цих стічних водах досягав 4,5-7,5%, в тому числі питома частка лактози близько 5 %, білку 1,0%, молочного жиру-0.5%, мінеральних речовин близько 1% [14].

Так як у стічних водах молокозаводу міститься велика кількість лактози і білків, які повільно розкладаються мікроорганізмами, такі стічні води відносяться до концентрованих за органічними забрудненнями комплексної анаеробно-аеробної схеми очищення стічних вод. Метанове бродіння може використовуватися як попередня стадія очищення концентрованих стічних вод із наступним обов'язковим аеробним доочищенням [15].

В якості анаеробного реактора було обрано UASB реактор з висхідним потоком води через шар гранул анаеробного біологічного мулу, оскільки такі реактори використовують для очищення висококонцентрованих стічних вод та обробки осадів.

Перевагою таких реакторів є їхня висока продуктивність, час обробки стічних вод становить не більше 24 годин [15].

Повна схема очищення стічних вод молокозаводу наведена на рисунку 1.5.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

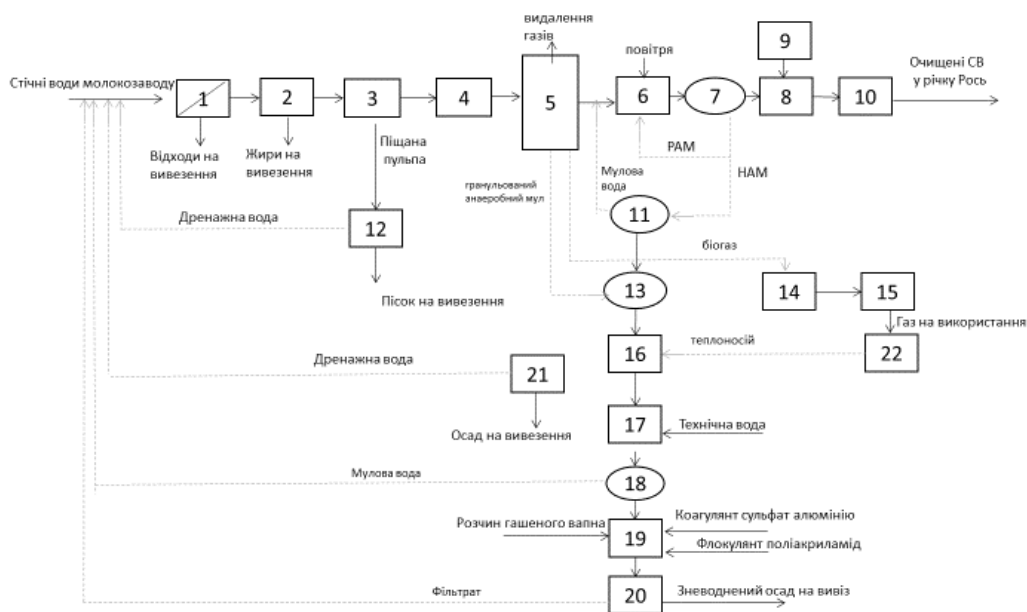


Рисунок 1.5 Схема технології біологічного очищення стічних вод
молокозаводу

1 – решітки; 2 – жировловлювач; 3 – пісковловлювач; 4 – усереднювач; 5 – UASB реактор; 6 – аеротенк-витиснювач; 7 – вторинний відстійник; 8 – змішувач СВ із знезаражуючим реагентом (гіпохлоритом натрію); 9 – блок зберігання гіпохлориту натрію; 10 – контактний резервуар; 11 – ущільнювач мулу; 12 – піскові майданчики; 13 – аеробний стабілізатор; 14 – газгольдер; 15 – споруди для очищення біогазу; 16 – камера дегельмінтизації; 17 – камера промивки осаду; 18 – ущільнювач осаду; 19 – камера реакції; 20 – вакуум-фільтр; 21 – мулові майданчики (аварійні); 22 – котельня.

Попередня механічна очистка стічних вод відбувається в результаті встановлення решіток (1), жировловлювачів (2), пісковловлювачів (3). Решітки (1) забезпечують затримку великих включень, що містяться у воді (папір, поліетилен, інші великі частинки). Ці відходи в результаті затримання на решітках повинні бути подрібнені для подальшого вивезення на полігон з метою захоронення або відправлені на сміттєспалювальний завод.

Далі вода поступає в жировловлювачі (2), які затримують жирові частинки і не дають їм потрапляти в природну водойму. Вода, потрапляючи в резервуар, поступово заповнює першу камеру. Жирові частинки піднімаються на поверхню за рахунок різної щільності. Там жир потрапляє в спеціальний лоток, де і накопичується, а очищена вода йде далі по системі. У другій камері жир остаточно відділяється. Скупчені тверді частинки доводиться періодично вичищати вручну або за допомогою автоматизованих систем. Відділені жирові частинки ідуть на вивезення.

Частинки піску, ґрунту та інші мінеральні домішки, які містяться у стічних водах затримуються у пісковловлювачах (3) за рахунок їхнього короткочасного відстоювання. Пісок, який затримався на них видаляється і направляється на спеціально обладнані піскові майданчики (12). На цих майданчиках встановлена дренажна система, яка забезпечує відведення води. Дренажна вода, що була відділена направляється на очистку на початок очисного ланцюга (на решітки).

Оскільки водовідведення є нерівномірним, то після пісковловлювача стічні води направляються в усереднювач (4) для забезпечення рівномірності показників забруднення стічних вод перед подачею їх на UASB реактор. Усереднювачі застосовують для регулювання складу або витрати стічних вод, що надходять на очисні споруди. Це дозволяє підвищити ефективність і надійність роботи споруд біологічної очистки. Усереднювачі вирівнюють пікові витрати і концентрації стічних вод, що дозволяє розробити більш економічні очисні споруди, так як при цьому для розрахунку приймаються усереднені дані.

Далі стічна вода самопливно поступає в UASB реактор (5), де відбувається зброджування органічних речовин за допомогою організмів-анаеробів і йде утворення біогазу. Газ, що утворюється у процесі зброджування надходить до газгольдерів (14), далі біогаз йде на очищення, потім спалюється в котельні, де відбувається підготовка водяної пари.

З UASB реактора СВ потрапляє в аеротенк-витиснювач (6), в якому на дні влаштовані аератори. Аератори потрібно влаштовувати перпендикулярно до

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

руху води. При очищенні стічних вод у аеротенку розчинені органічні речовини, а також тонкодисперговані й колоїдні речовини, які не випадають в осад, переходять в активний мул, спричиняючи приріст вихідної біомаси. В результаті цього розмножуються аеробні мікроорганізми, і біомаса активного мулу збільшується, тому частина активного мулу повертається в аеротенк (рециркуляційний активний мул), а частина (надлишковий активний мул) йде на зневоднення.

Після аеротенка стічна вода разом із надлишковим активним мулом направляються на вторинний відстійник (7), де відбувається осідання активного мулу разом із зв'язаними з ним органічними речовинами, які не встигли розкластися в процесі очистки.

Освітлена фракція у своєму складі може містити патогени, тому вона має направитися на знезараження. Знезараження зазвичай проводиться двома методами – термічним і хімічним, але в даній технології обираємо хімічний спосіб знезараження гіпохлоритом натрію.

Окрім відходів, які утримались в результаті механічного очищення на решітках, пісковловлювачах і жировловлювачах, первинних відстійників, утворюється осад з вторинних відстійників, що має вологість 95%. Такий осад повинен піддаватись обробці та знешкодженню.

Для обробки осадів використовується аеробний стабілізатор (13) оскільки більшу частину осадів складає надлишковий активний мул. В результаті під час протікання процесів біохімічної деструкції органічної речовини (мінералізації осаду) підвищується його стійкість до загнивання, поліпшуються санітарні умови зневоднення осаду, зберігання або утилізації.

Оскільки аеробна стабілізація проходить без використання високих температур, то мінералізований осад подається в камеру дегельмінтизації (16), де під дією гарячої водяної пари яйця гельмінтів повністю гинуть.

Після дегельмінтизації осад поступає на промивку до спеціального резервуару (17). Далі осад направляється на ущільнення до мулоущільнювача

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(18). Мулова вода повертається на очищення до решіток. Осад перекачується до камери реакції (19) для змішування з коагулянтном, щоб покращити його властивості водовіддачі. Надалі осад надходить до вакуум-фільтру (20) для видалення вологи. Вакуум-фільтри забезпечують отримання кека з найнижчою вологістю, мають меншу енергоємність у порівнянні з центрифугами, а сучасні їх конструкції забезпечують роботу в автоматичному режимі. Отриманий кек вивозиться на мулові майданчики для остаточного висушування перед вивезенням.

Найбільш повне очищення стічних вод, що містять органічні речовини в розчиненому вигляді, досягається біологічним методом, який базується на використанні закономірностей біохімічного та фізико-хімічного механізмів самоочищення річок та інших водоймищ.

Вибрана технологія очищення стічних вод молокозаводу забезпечує доведення параметрів стічної води до необхідних норм скиду в природну водойму.

В результаті очищення стічних вод молокозаводу за даною технологією, залишкові середні показники забруднюючих речовин наведені у табл. 1.2

Таблиця 1.2 Показники забруднення стічних вод до та після очищення за анаеробно-аеробною технологією [17]

Показник	Одиниця виміру	Значення показника до очищення	Значення показника після очищення	Максимально допустиме значення показника
рН	од	6,35	7,2	6,5-9,0
Завислі речовини	мг/дм ³	550	15	83,25
ХСК	мг О ₂ /дм ³	21800	45	50
БСК _{повн}	мг О ₂ /дм ³	9450	15	30,84
Фосфати	мг/дм ³	12,59	3	6
Азот амонійний	мг/дм ³	15	0,3	0,5
Жири	мг/дм ³	42,2	10	15

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 Характеристика біологічного агента

Біологічний метод очищення стічних вод застосовують для очищення виробничих і побутових стічних вод від органічних забруднень. Даний процес заснований на здатності деяких мікроорганізмів використовувати забруднюючі стічні води речовини для харчування в процесі своєї життєдіяльності [18].

Обрана технологія очищення стічної води включає в себе двоступінчасту схему анаеробно-аеробного очищення.

Після блоку механічного очищення відбувається біологічне очищення стічних вод молокозаводу.

Розпочинається воно з анаеробного зброджування в UASB реакторі у якому в кінцевому результаті утворюється газ – метан.

Розпад органічних речовин та утворення біогазу відбувається за допомогою бактерій – метаногенів.

Метаногени (en: *Methanogens*) - це археї, які утворюють метан як побічний продукт метаболізму в безкисневих умовах. Широко поширені в заболочених територіях, де утворюють метан (болотний газ) і в кишечнику жуйних ссавців і людини [18].

Протягом десятиліть всі відомі археї метаногенів відносили виключно до типу *Euryarchaeota* і були класифіковані спочатку по п'ять порядків, а саме: *Methanococcales*, *Methanobacteriales*, *Methanosarcinales*, *Methanomicrobiales* і *Methanopyrales*. В період між 2008 і 2012 роками до типу *Euryarchaeota* були додані ще два порядки метаногенів, а саме *Methanocellales* і *Methanomassiliicoccales*. Метаногени, що належать до різних порядків, мають відмінності в структурі клітинної стінки, складі ліпідів, діапазоні споживаних субстратів та інших біологічних властивостях [19].

Аналіз гена 16S рРНК показав, що в еволюційну гілку метаногенів, в яку входять мікроорганізми типу *Euryarchaeota*, також входять представники

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порядків *Archaeoglobales*, *Halobacteriales* і *Thermoplasmatales*, які, ймовірно, походять від загального предка метаногенів. Філогенії метаногенних мікроорганізмів представлені на рисунку 1.6; таксони *Candidatus*, скорочено префікс *-Ca.*, виявлені в метагеномних послідовностях проб навколишнього середовища, але ніколи не були культивовані [18].

Археї порядку *Methanobacteriales* широко поширені в анаеробних середовищах існування-морські і прісноводні відкладення, ґрунт, шлунково-кишкові тракти тварин, стічні води і геотермальні джерела. Вони виробляють метан, використовуючи CO₂ як акцептора електрона і H₂ як донора, деякі види можуть використовувати форміат. Порядок *Methanobacteriales* розділений на два сімейства *Methanobacteriaceae* і *Methanothermaceae*. Сімейство *Methanobacteriaceae* складається з трьох мезофільних родів-*Methanobacterium*, *Methanobrevibacter* і *Methanosphaera*, і одного термофільного *Methanothermobacter*. Сімейство *Methanothermaceae* представлено одним гіпертермофільним родом *Methanothermobacter*, який був виділений тільки з термальних джерел [19].

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

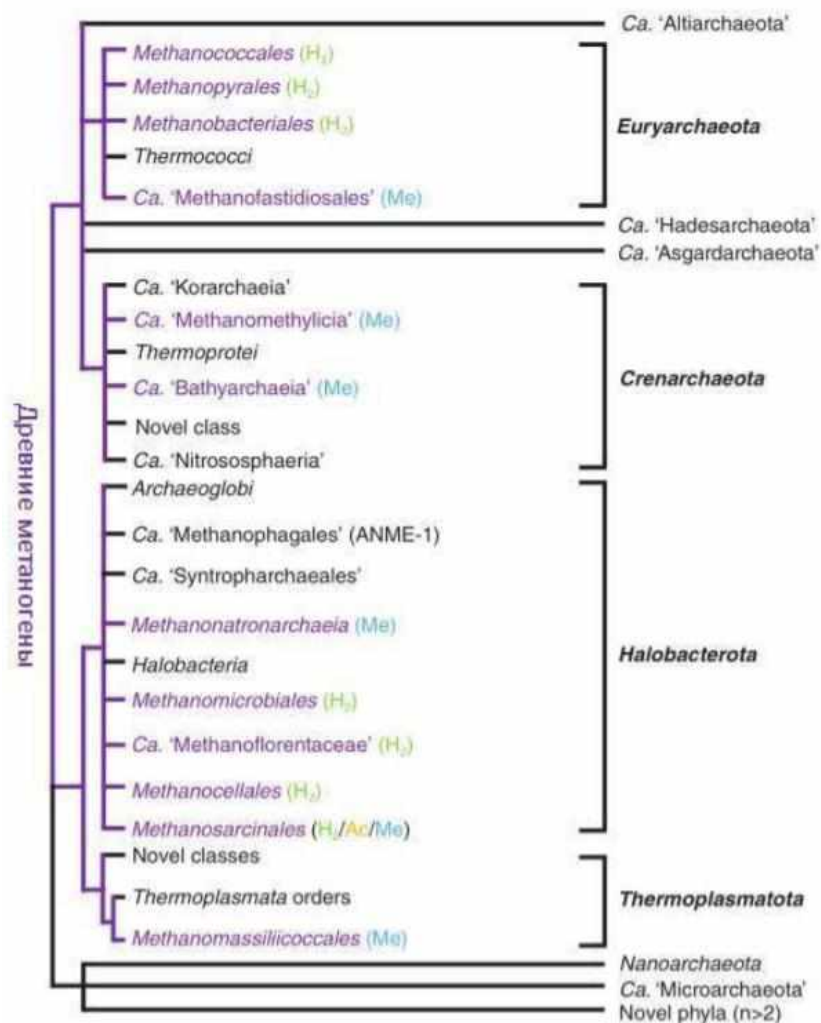


Рисунок 1.6 Метаногени у філогенетичному дереві архей:

H_2 – гідрогенотрофний; Ac – ацетокластичний; Me – метилотрофний метаногенез[19].

Представники порядку *Methanococcales* були виділені з морських середовищ проживання і для оптимального росту вимагають присутність морської солі. Члени цього порядку здійснюють метаногенез, використовуючи CO_2 як акцептор електронів і H_2 або форміат як донор. Порядок *Methanococcales* розділений на два сімейства: сімейство *Methanocaldococcaceae* Включає два гіпертермофільних роди *Methanocaldococcus* і *Methaanotorris*; сімейство *Methanococcaceae* представлено мезофільних родом *Methanococcus* і надзвичайно термофільним родом *Methanothermococcus*. Члени порядку

									Арк.
									44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ

Methanomicrobiales використовують CO_2/H_2 , більшість видів також здатні використовувати форміат і вторинні спирти як донори електронів. Вони широко поширені в анаеробних середовищах існування, включаючи морські та прісноводні відкладення, стічні води і шлунково-кишковий тракт тварин. Порядок *Methanomicrobiales*, ділиться на три сімейства *Methanomicrobiaceae*, *Methanospirillaceae* і *Methanocorpusculaceae* [20].

Члени порядку *Methanosarcinales* мають найширший діапазон субстратів серед метаногенів. Вони широко поширені в більшості анаеробних середовищ існування. Порядок *Methanosarcinales* ділиться на два сімейства, *Methanosarcinaceae* і *Methanosaetaceae*. Всі члени сімейства *Methanosarcinaceae* здатні рости з сполуками, що містять метильну групу. Сімейство *Methanosaetaceae* представлено тільки одним родом, *Methanosaeta*, який виробляє метан шляхом розщеплення ацетату. Порядок *Methanopyrales* представлений тільки одним видом- *Methanopyrus kandleri*, який використовує CO_2 і H_2 для метаногенеза, є гіпертермофільним і мешкає в морських гідротермальних системах [20].

Метаболізм метаногенів зустрічається при температурі від 0 до 70 °С, деякі здатні функціонувати навіть при 90 °С, при більш високих температурах гинуть. У міру підвищення температури метаболічна ефективність збільшується. Метаногенне бактеріальне середовище повинне бути анаеробне, мати нейтральне або слаболужне рН і містити не менше 50% води. Ось чому вони найчастіше зустрічаються в: болотах, рисових культурах, гної, рідкому гною або в травній системі жуйних тварин. Інгібітором метаногенних бактерій є: органічні кислоти, кисень і дезінфікуючі засоби. Вони також живуть в: кишечнику хребетних і травній системі термітів [18].

Деякі з них, так звані гідротрофи, використовують водень як джерело енергії (відновлює агент) і вуглекислий газ як джерело вуглецю. Частина вуглекислоти реагує з воднем, виробляючи метан і створюючи протонний градієнт через мембрану, який використовується для синтезу АТФ. На відміну

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

від них, рослини і водорості використовують як відновлюючий агент воду. Інші метаногени використовують ацетат ($\text{CH}_3 \text{COO}^-$) в якості джерела вуглецю і джерело енергії. Цей тип метаболізму називається «ацетотрофним», де ацетат руйнується, виробляючи вуглекислий газ і метан. Інші метаногени можуть використовувати метиловані з'єднання, наприклад метиламін, метанол і метантиол [18].

Метаногени грають життєво важливу екологічну роль в анаеробних середовищах, видаляючи додатковий водень і продукти анаеробного метаболізму, які виробляють інші форми мікроорганізмів. Метаногени зазвичай активно ростуть в середовищах, де всі інші акцептори електронів (кисень, нітрати, сульфати і тривалентне залізо) виснажені. Здатністю утворювати метан володіють близько 50 видів з 17 родів, всі з яких відносяться до архей відділу *Euryarchaeota* [20].

Метаногени широко використовуються в анаеробних реакторах для очищення стічних вод, а також водних органічних забруднювачів. Промисловість вибрала метаногени за їх здатність виконувати біометанування під час розкладання стічних вод, що робить процес стійким і економічно ефективним.

Біорозпад в анаеробному реакторі включає в себе чотиріступінчасту спільну дію, що виконується різними мікроорганізмами. Перша стадія - гідроліз нерозчинної полімеризованої органічної речовини анаеробами, такими як *Streptococcus* і *Enterobacterium*. На другому етапі ацидогени розщеплюють розчинені органічні забруднювачі в стічних водах до жирних кислот. На третій стадії ацетогени перетворюють жирні кислоти в ацетати. На останньому етапі метаногени метаболізують ацетати до газоподібного метану. Побічний продукт метан залишає водний шар і служить джерелом енергії для обробки стічних вод у варочному котлі, створюючи тим самим самопідтримуючий механізм [19].

Метаногени також ефективно знижують концентрацію органічних речовин в стоках. Наприклад, сільськогосподарські стічні води, багаті органічними

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

речовинами, є основною причиною деградації водних екосистем. Хімічний дисбаланс може призвести до серйозних наслідків, таких як евтрофікація. Завдяки анаеробному зброджуванню, очищення стічних вод може запобігти несподіваному цвітінню у водних системах, а також затримати метаногенез у варочних котлах. Це виділяє біометан для виробництва енергії і запобігає викиду в атмосферу потужного парникового газу, метану [18, 19].

Органічні компоненти стічних вод сильно різняться між собою. Хімічні структури органічної речовини вибирають для конкретних метаногенів для проведення анаеробного зброджування. Прикладом є те, що представники роду *Methanosaeta* домінують в перетравленні стічних вод заводу з виробництва пальмового масла і відходів пивоварного заводу. Модернізація систем очищення стічних вод з метою включення більшої різноманітності мікроорганізмів для зменшення вмісту органічних речовин в процесі очищення активно досліджується в області мікробіологічної та хімічної інженерії. Сучасні нові покоління поетапних багатофазних анаеробних реакторів і реакторних систем з висхідним потоком мулу розроблені з урахуванням інноваційних функцій для протидії високонавантажених стоків стічних вод, екстремальних температур і можливим інгібуючим з'єднанням [20].

В анаеробному UASB реакторі використовується гранульований анаеробний мул, що представляє собою щільні агрегатні утворення і має розміри від двох до восьми міліметрів і є продуктом іммобілізації біомаси анаеробного мулу, в результаті процесів, що проходять на кордоні розділу твердої і рідкої фази. У гранульованому анаеробному мулі міститься більша кількість сухої речовини, тому він більш стабільний, ніж мул, який утворює пухкі флокульні утворення, до того ж, завдяки високій зольності, відрізняється високою здатністю до вологовіддачі і не вимагає операції попереднього згущення перед його зневодненням.

Вважається, що процесам утворення гранул сприяє присутність крохмалю, а також висока концентрація з'єднань кальцію. Такі гранульовані сполуки за

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рахунок своєї щільної структури, мають гарну здатність до седиментації, тому при проходженні через шар біомаси висхідного потоку води, практично не виносяться разом з нею.

Після стадії анаеробного очищення стічних вод молокозаводу починається стадія аеробного окиснення органічних речовин. Дана стадія забезпечується за рахунок розкладу органічних сполук мікроорганізмами активного мулу в аеротенках. Це найбільші й енергозатратні ємнісні споруди на станціях очищення стічних вод. На стадії біологічного очищення видаляється не тільки основна маса органічних забруднень, але й забезпечується очищення від сполук азоту й основної частини сполук фосфору. Технічні й технологічні рішення, прийняті для аеротенків, багато в чому визначають як якість очищеної води, так і енергетичні характеристики станції очищення в цілому. Аеротенк – резервуар, у якому повільно рухається суміш активного мулу й стічних вод. Для забезпечення нормального перебігу процесу біологічного окиснення у аеротенк повинен безперервно надходити кисень [21].

Початком при очищенні стічних вод в аеротенках є активний мул, який представляє собою частинки органічних речовин, населені різними групами мікроорганізмів - аеробів і факультативних анаеробів. Аерація води сприяє створенню оптимальних умов для їх життєдіяльності й інтенсифікації процесів окиснення органічних речовин. Крім того, перемішування за допомогою повітря сприяє підтримці активного мулу в завислому стані.

З фізико-хімічних позицій активний мул представляє структуровану колоїдну систему, що володіє високою сорбційною здатністю. Активний мул являє собою середовище проживання багатьох мікроорганізмів води і ґрунту і утворює складний біоценоз. Склад активного мулу визначається природою органічних домішок і тому може змінюватися якісно і кількісно. Так, при окисненні фенолвмісних стічних вод у біоценозі активного мулу переважають псевдомонади (*Pseudomonas*) при загальній кількості видів мікроорганізмів 48 і щільності бактеріального населення 550 млн клітин в 1 мл. А при окисненні

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стічних вод, що містять аніонні ПАВ (алкілсульфонати), розвиваються тільки десять видів зі значним переважанням мікобактерій при загальній кількості мікроорганізмів 500 000 в 1 мл [21].

Біоценоз активного мулу перш за все представлений різними групами бактерій, серед яких є гетеротрофи і літотрофи. Чисельність бактерій в активному мулі становить 10^8 - 10^{12} клітин на 1 мг сухої речовини. В активному мулі зустрічаються всі морфологічні групи бактерій: порядок *Pseudomonadineae* і роди: *Bacillus*, *Bacterium*, *Sarcina*, *Micrococcus* та ін. В нормально працюючому мулі міститься невелика кількість нитчастих бактерій (сферотілюс і кладотрикс, рисунок 1.7). Бактерії в процесі очищення води утворюють слизисті скупчення – зооглеї, які характерні для добресформованого активного мулу. У зооглеях переважають кокові і паличкоподібні форми. В утворенні зооглей може брати участь бактерія *Zooglea ramigera*, яка утворює розгалужені зооглеї у вигляді лопатей [21].

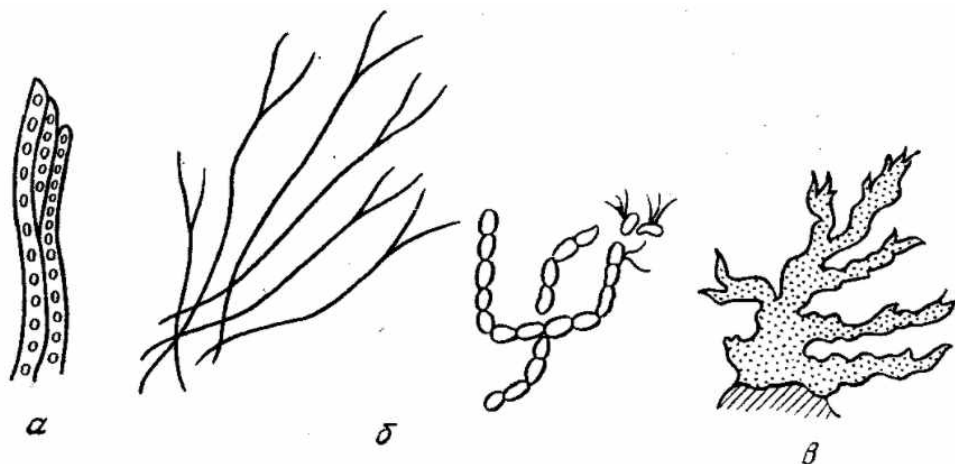


Рисунок 1.7 Нитчасті і зооглейні бактерії[21]

а – Sphaerotilus natans; б – Cladothrix dihotoma; в – Zooglea ramigera

Основними представниками біоценозів активного мулу є бактерії, які здійснюють біохімічні процеси розкладання органічних речовин. Серед них представлені всі групи бактерій, що розкладають безазотисті і азотовмісні органічні сполуки і недоокиснені неорганічні речовини; протеоліти, гідролізуючі

білкові сполуки; амоніфікатори; бактерії, які розкладають вуглеводи, жири, органічні кислоти; нітрифікатори; сіркобактерії та ін [22].

Крім бактерій в активному мулі розвиваються гриби і актиноміцети. Водорості зазвичай зустрічаються рідко і в невеликій кількості.

Актиноміцети і близькі до них мікобактерії розкладають вуглеводень, жири, органічні кислоти, вуглеводи. Цвілеві гриби беруть участь в розкладанні вуглеводів, спиртів, органічних кислот, деякі засвоюють органічні форми азоту. Вуглеводи і органічні кислоти споживаються дріжджами. Співвідношення між різними групами мікроорганізмів в активних мулах представлено на рисунку 1.8 [22].

При затрудненій аерації або надмірному надходженні в аеротенк органічних забруднень спостерігається зміна біоценозу активного мулу. При тривалості анаеробних умов більше 15 хв відбувається значне збільшення кількості факультативних анаеробів і пригнічується життєдіяльність аеробних форм. Подібна зміна груп мікроорганізмів супроводжується утворенням спухаючого мулу (спухання). При цьому в активному мулі спостерігається масовий розвиток нитчастих бактерій і грибів (*Fusarium*) [21].

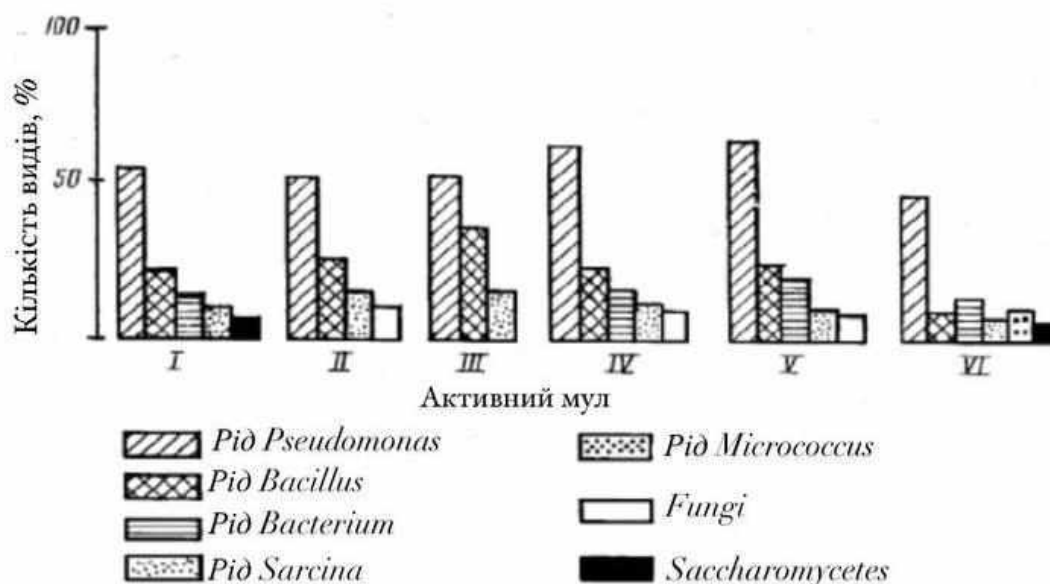


Рисунок 1.8 Схема співвідношення між різними групами мікроорганізмів в активних мулах [21]

Мікрофауна активного мулу представлена різноманітними групами найпростіших (джгутиковими, саркодовими, інфузоріями), коловертками, зустрічаються малощетинкові черви (олігохети), рідше – водні кліщі. Представники мікрофауни дуже чутливі до концентрації органічних сполук, кількості розчиненого кисню, наявності токсичних сполук. Тому в залежності від зміни ступеня забруднення води в процесі очищення або інтенсивності аерації води в активному мулі спостерігається переважання різних груп найпростіших. Так, при сильному забрудненні води органічними домішками (на початку процесу очищення, при поганій роботі аеротенка) в активному мулі розвиваються у великій кількості з саркодових дрібні амеби (наприклад, *Amoeba limax* та ін.), безбарвні джгутикові (р. *Bodo*, *Oicomonas* та ін.). Інфузорії при несприятливих умовах з вегетативних форм перетворюються в цисти, а при нестачі розчиненого кисню прикріплені форми переходять в рухому стадію. Найменш чутливі до негативних впливів з рівновійчастих інфузорій *Paramecium caudatum*, а з кругловічастих – *Vorticella microstoma*. При хорошій роботі аеротенка в активному мулі зустрічається велика кількість видів найпростіших. Особливо характерні черевовійчасті інфузорії: *Aspidisca*, *Stylonichia*, *Euplotes*; кругловічасті: *Vorticella convallaria*, *Opegecularia*. Якщо спостерігається дефіцит поживних речовин (голодуючий мул), відбувається зменшення розмірів інфузорій і вони починають інцистуватися. У активному мулі, перевантаженому органічними домішками, розвиваються сисні інфузорії (*Suctorina*) [21, 22].

У активному мулі в період завершення окиснення речовин і протікання процесу нітрифікації розвиваються в більшій кількості прикріплені інфузорії (наприклад, *Carchesium*), ракові (*Arcella*) і великі голі амеби. Досить часто зустрічаються коловертки (*Philodina*, *Notommata*, *Callidina* *Cathypna* і ін.) (рисунок 1.9). Водні кліщі і рачки (циклопи) розвиваються в голодуючому мулі. Здатність окремих груп мікрофауни розвиватися при визначених умовах використовується для проведення гідробіологічного аналізу. При мікроскопіюванні активного мулу дається характеристика видового і

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кількісного складу мікроорганізмів, визначається їх життєздатність. У поєднанні з технологічним аналізом це дозволяє зробити висновок про роботу споруди. При характеристиці роботи споруди слід враховувати інтенсивність розвитку індикаторних форм мікроорганізмів, а не окремих видів. Аналіз кривих зростання для бактерій та інших мікроорганізмів показує, які мікроорганізми відповідають певній фазі розвитку бактеріальної мікрофлори активного мулу [21].

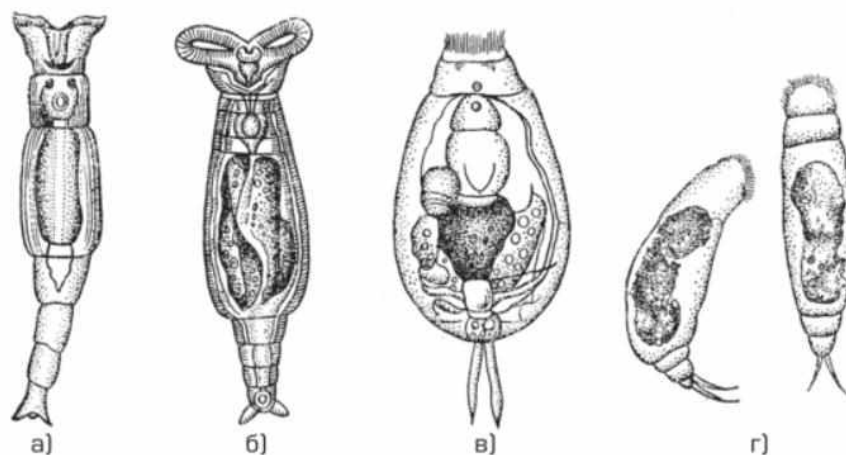


Рисунок 1.9 Представники коловерток [22]: а — *Philodina roseola*, б — *Callidina vorax*, в — *Cathypna luna*, г — *Notommata ansata*

Так, фаза затримки росту бактерій в активному мулі поєднується з переважанням в ньому аміб і джгутикових. У логарифмічній фазі з найпростіших найбільший розвиток одержують джгутикові, збільшується кількість вільноплаваючих інфузорій. Ця фаза відповідає інтенсивному розкладанню органічних домішок, але скупчення бактерій не утворюється. У фазі сповільненого зростання і стаціонарній фазі кількість бактерій майже не змінюється, але йде утворення пластівців активного мулу. Цій фазі відповідає максимальний розвиток вільноплаваючих інфузорій. Фаза відмирання бактерій (ендогенна) відповідає закінченню розкладання органічної речовини. Чисельність бактерій зменшується в результаті відмирання через нестачу поживних речовин і споживання їх найпростішими. У цій фазі з найпростіших переважають прикріплені інфузорії, присутні вільноплаваючі і коловертки.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окиснення клітинного матеріалу відмираючих бактерій відбувається паралельно з процесом нітрифікації (нітрифікуючий мул). Роль найпростіших зводиться до поїдання бактерій, а також до споживання завислих речовин [21].

Процес мінералізації органічних речовин може порушуватись в присутності токсичних сполук, ПАР, важких металів та ін. Біологічна токсичність домішок виробничих стічних вод оцінюється по зміні дегідрогеназної активності. Дегідрогеназа – окиснювально-відновний фермент, що бере участь у процесі дихання. Вона дуже чутлива до дії токсичних сполук. За ступенем зменшення активності дегідрогенази у мікроорганізмів активного мулу можна судити про вплив цих сполук на їх життєдіяльність. Визначення проводиться в присутності індикаторів, що змінюють забарвлення при переході з окисненого стану у відновлений під дією дегідрогенази [22].

Здатність активного мулу до осадження характеризується муловим індексом. Ця величина визначається за обсягом мулу, що утворюється після 30- хвилинного відстоювання рідини, що містить 3 мг/дм³ мулу. Співвідношення між обсягом (мл) мулу і масою сухої речовини, що міститься в 1 г мулу, називається муловим індексом. При гарній роботі аеротенків муловий індекс складає 100-120 мл/г. Підвищення мулового індексу до 150-200 мл/г свідчить про порушення роботи аеротенків. Біологічне очищення вважається повним, якщо БСК_{повн} очищеної стічної води не перевищує 20 мг/дм³, і неповною, якщо БСК_{повн} перевищує 20 мг/дм³. Повна біологічна очистка може проводитися в двох режимах: звичайна аерація (до початку нітрифікації і мінералізації активного мулу) і тривала аерація (повне окиснення), при якій частково мінералізується активний мул і йде процес нітрифікації. Поняття «повна біологічна очистка» є умовним, так як частина біологічно окиснюючих і не окиснюючих в цих умовах органічних сполук залишається в очищеній воді [22].

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МОЛОКОЗАВОДУ

2.1 Процес анаеробного зброджування органічних речовин

Анаеробне бродіння застосовується для зброджування осадів, що утворюються при біохімічній очистці виробничих стічних вод, а також як перший ступінь очищення дуже концентрованих промислових стічних вод, що містять органічні речовини. Воно недостатньо вивчено і мало застосовується для знешкодження промислових стічних вод [23].

При анаеробному бродінні органічні речовини руйнуються анаеробними бактеріями. Для них, як і для аеробних бактерій, джерелом енергії є окислювальні процеси. Різниця полягає в тому, що останні отримують енергію з окисно-відновних реакцій, в яких акцептором водню слугує вільний кисень. Окисно-відновні реакції анаеробних бактерій протікають із виділенням енергії за рахунок ензиматичного розщеплення складних органічних речовин. Подібні процеси називаються зброджуючими. Збродження веде до глибокого розпаду речовин, але ніколи не закінчується їх повним окисненням. Процеси ці екзотермічні, так як супроводжуються виділенням тепла[23].

Розрізняють багато видів бродіння: спиртове, молочнокисле, маслянокисле, ацетонобутилове. Для очищення стічних вод використовуються анаеробні процеси, де переважає метанове бродіння, в результаті якого утворюється метан.

Схематично метанове бродіння можна розділити на дві фази. У першій з них розщеплюються складні органічні речовини (білки, вуглеводи та ін.) Під впливом звичайної сапрофітної, анаеробної мікрофлори і утворюються органічні

ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Узлії В.І.				БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ			
Конс.								
Керіdn.	Козар М.Ю.							
Затверд.								
					Літ.	Арк.	Аркушів	
						54	109	
					КПІ ім. Ізгоря Сікарського, ФБТ, БЕ-71			

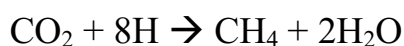
кислоти жирного ряду. Спочатку утворюються оцтова, кренова і масляна кислоти зі слідами мурашиної, валеріанової, ізовалеріанової і капронової кислот. Велика кількість аніонів оцтової кислоти знижує активність бактерій що беруть участь в першій фазі бродіння, так як вона зменшується при рН=6. Вміст кислот в зброджуючій масі може знизити рН до 5. В другій фазі метанові бактерії руйнують утворені кислоти, при цьому виділяються вуглекислий газ і метан [14, 23].

Процеси, що відбуваються при розщепленні органічних речовин в метантенку, ще недостатньо вивчені. Одні дослідники припускають, що метан утворюється при відновленні вуглекислого газу за рахунок карбоксильних груп, інші вважають, що він є результатом розпаду оцтової кислоти. Інші дослідники вважають, що основними джерелами утворення метану є і той, і інший процеси згідно наступним схематично представленим реакціям:

1. Бродіння оцтової кислоти



2. Відновлення CO_2



При цьому рН підвищується до 6,7-7,4. Метаноутворюючі бактерії зброджують, крім названих речовин, етиловий спирт і багато інших з'єднань. Не всі органічні речовини, що знаходяться в стічних водах, можуть бути зруйновані шляхом анаеробного бродіння; так, наприклад, в анаеробних умовах целюлоза майже не руйнується, а лігноцелюлоза залишається інтактною [14, 23].

Процес метанового бродіння здійснюється бактеріями *Methanobacterium Omelanski*, *Methanobacterium Sohngenei*, *Methanosarcina methanica* та ін. Вони являються строгими анаеробами і не утворюють спор. Ці бактерії мають фермент гідрогеназу, під впливом якої активується водень, який був акцептований вуглекислою, в результаті чого синтезується метан. Всі згадані види бактерій повинні брати участь в процесі бродіння, інакше він порушується. Нормальний процес відновлюється дуже повільно [23].

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метанове бродіння призводить до зменшення об'єму осадів, в результаті чого утворюється метан. В. Л. Омелянський встановив, що цей газ утворюється в природних умовах в результаті життєдіяльності анаеробних мікроорганізмів.

Мікроорганізм, який здійснює розкладання з виділенням водню, був названий ним *Bac. cellulosaе hydrogenicus*, а мікроорганізм, який продукує метан, *Bac. cellulosaе methanicus* [23].

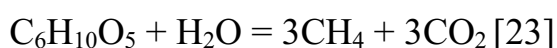
Хімічні процеси, що відбуваються при цьому розпаді, можна виразити наступними рівняннями:

а) для водневого бродіння



В цьому процесі виділяється водень - до 4%, двоокис вуглецю - до 29% і утворюється суміш жирних кислот, головним чином оцтової і масляної;

б) для метанового бродіння:



Останній процес протікає набагато важче, ніж виражено рівнянням; поряд з метаном (6,5%) і вуглекислою (43,5%) утворюється до 50% жирних кислот: мурашиної, оцтової і, головним чином, масляної. Розкладання целюлози целюлозорозкладаючими бактеріями відбувається в природі на дні боліт і стоячих вод, причому наверх ноднімаються бульбашки «болотного газу», що складається з CH_4 , і CO_2 [23].

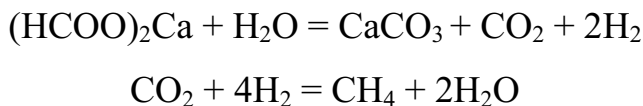
Подібні процеси більш інтенсивно протікають на штучних очисних спорудах. Але існує думка, що зв'язок між бродінням клітковини і утворенням метану носить чисто випадковий характер і обумовлена тим, що обидва ці процеси протікають в однакових умовах. За допомогою мічених атомів було доведено, що метан утворюється з солей жирних кислот (або з вуглекислого газу, з окису вуглецю) або зі спиртів.

У природних умовах і на очисних спорудах в результаті розпаду целюлози та інших рослинних залишків утворюються кислоти жирного ряду. Ці речовини і є джерелом харчування для бактерій, продукуючих метан. Всі жирні кислоти,

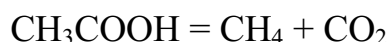
					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

крім оцтової, спочатку розкладаються з виділенням вуглекислоти, а потім вуглекислота відновлюється воднем до метану [23].

Прикладом, який ілюструє ці перетворення, може служити анаеробний розпад мурашинокислого кальцію:

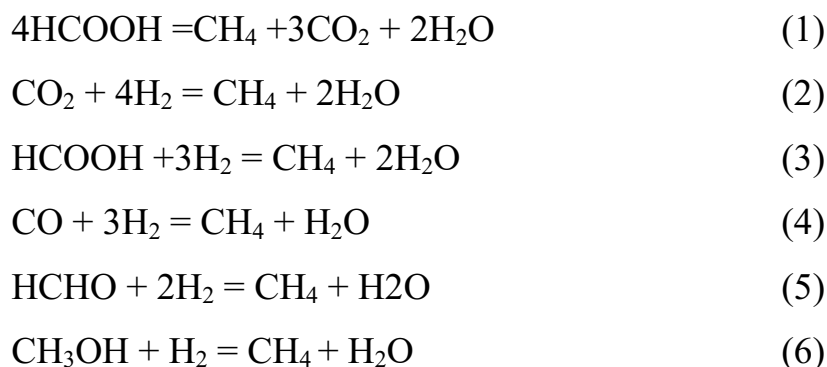


Оцтова кислота розкладається відразу з утворенням метану за рахунок метильної групи:



Утворення метану з окису вуглецю відбувається в дві стадії: спочатку СО окислюється в СО₂, а потім метан утворюється з вуглекислоти [14, 23].

Всі перераховані процеси утворення метану є мікробіологічними, а не хімічними. Дослідники виділили з річкового мулу чисту культуру організму, що містить фермент гідроколагеназу, який продукував метан із з'єднань з одним атомом вуглецю. Ні на одне з'єднання з більшим числом атомів вуглецю він не діяв. Цей організм викликав кількісно наступні реакції:



Дослідниками відзначено, що перші три реакції протікають швидко, три наступні відносно повільно. Вважають, що мурашина кислота спочатку розкладається ферментом гідрогенліазою на водень і вуглекислий газ, а потім синтезується з реакції (2) [14, 23].

Метаноутворюючі організми *Methanosarcina barkerii* і *Methanobacterium formicum* перетворюють окис вуглецю в метан в присутності водню і без нього. Якщо в системі водень відсутній, то СО реагує з водою до СО₂ а вуглекислота

відновлюється до метану по реакції (2) [23].

2.2 Процес аеробного окиснення органічних речовин

Умовно прийнято розділяти весь процес очищення на два періоди: період біологічного дозрівання і період стаціонарного біохімічного окиснення.

У період біологічного дозрівання в аеробних умовах з активним мулом розвивається його оптимальна кількість, що адаптована до аеробного режиму роботи установки, кількості і якості стічної води [24].

У період стаціонарного процесу роботи очисних установок з аерацією зазвичай розрізняють чотири фази роботи активного мулу.

Перша фаза - біосорбція органічної речовини пластівцями активного мулу. Відбувається інтенсивний приріст біомаси активного мулу і різке зниження концентрації органічних забруднень за рахунок біосорбції органічних забруднень активним мулом. Тривалість фази біосорбції не перевищує 30 хвилин.

Друга фаза - біохімічне окиснення пластівцями активного мулу органічних речовин. Відбувається подальший приріст біомаси активного мулу і зниження концентрації органічних забруднень за рахунок декарбонізації. Тривалість фази біохімічного окислення - близько 1 години.

Як відомо, біологічну очистку стічних вод здійснюють головним чином мікроби. Мікроби не мають спеціальних органів травлення, тому всі необхідні для їх життєдіяльності речовини потрапляють в клітину через найдрібніші пори клітинної оболонки (мембрани). Ці пори настільки малі, що для проникнення через них речовини повинні бути попередньо підготовлені, тобто попередньо подрібнені до молекулярного стану і частково перетворені в більш прості сполуки в оточуючому розчині. Для цього в процесі еволюції у мікроорганізмів виробилася здатність виділяти в навколишнє середовище гідролітичні екзоферменти (ектоферменти), які і готують складні речовини, що містяться в

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ній до засвоєння мікробною клітиною [24].

Інша група ферментів, звана ендоферменти, на відміну від екзоферментів діє всередині мікробної клітини. Ендоферменти сприяють засвоєнню клітиною поживних речовин. Як тільки поживні речовини потрапляють в клітину, ендоферменти відразу ж перетворюють їх в речовину протоплазми клітини.

Кожен з ферментів, що виробляється має свою мету. Одні з них діють на білки, другі - на жири, треті - на вуглеводи [24].

Вуглеводи в аеробних умовах піддаються змінам, які показані на рисунку 2.1 Крім того, незначна частина моносахаридів йде на синтез глікогену в мікробних клітинах, хоча велика частина в процесі ендогенного дихання мікробної клітини окиснюється (попросту згорає). Весь процес окислення вуглецевмісних речовин в аеробних умовах носить назва декарбонізації стічних вод.

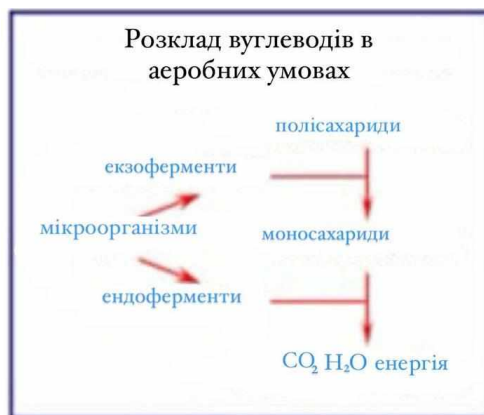


Рисунок 2.1 Схема розкладу вуглеводів в аеробних умовах [24]

Третя фаза - синтез клітинної речовини активного мулу з решти речовин органіки стічної води за рахунок енергії, що звільнилася в другій фазі.

Кількість органічного субстрату, що переходить в нові клітини, становить приблизно 65%. Ця фаза відрізняється від попередніх фаз відносною постійністю маси активного мулу. Вона протікає до тих пір, поки не буде вичерпано всі органічні речовини, попередньо накопичені клітиною мікроорганізмів активного мулу. Сумарна тривалість цієї фази в аеротенках та регенераторі становить в

стаціонарному процесі близько 20 годин [24].

Одним з органогенів, елементом, необхідним для розвитку будь-якого мікроорганізму, є азот. У зв'язку з цим на практиці величезне значення має біохімічний розклад білків.

Розклад білка в аеробних умовах наведено на рисунку 2.2. Білкові молекули під впливом ферментів, що виділяються мікроорганізмами, розщеплюються на ряд більш простих речовин. Цей розклад відбувається через альбумоз і пептони до амінокислот. Частина амінокислот використовується як будівельний матеріал мікроорганізмами активного мулу, що розмножуються, а частина піддається дезамінуванню з утворенням аміаку, води і CO_2 . В аеробних умовах утворений аміак розчиняється у воді, утворюючи гідрат окису амонію, який, в свою чергу, зв'язується з вуглекислою, утворюючи вуглекислий амоній [24].

Однак варто зазначити, що більша частина амінокислот, що утворилися з білків стічних вод при їх розщепленні, використовується як будівельний і енергетичний матеріал для біосинтезу клітин мікроорганізмів активного мулу.



Рисунок 2.2 Схема розкладу білка в аеробних умовах [24]

Четверта фаза - ендогенне дихання, або окиснення клітинної речовини активного мулу.

Ця фаза характеризується зменшенням біомаси активного мулу. Органічні речовини клітин біомаси піддаються ендогенному окисненню до кінцевих

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продуктів NH_3 , CO_2 , H_2O , що призводить до зменшення загальної маси мулу. Ця фаза починається після 20-24 годин аерації активного мулу і закінчується через 2-3 доби [23].

З азоту, використаного як будівельний матеріал для синтезу активного мулу, при біохімічному окисненні утворюється в кінцевому рахунку вуглекислий амоній. Цей процес наочно відображений на рисунку 2.3.

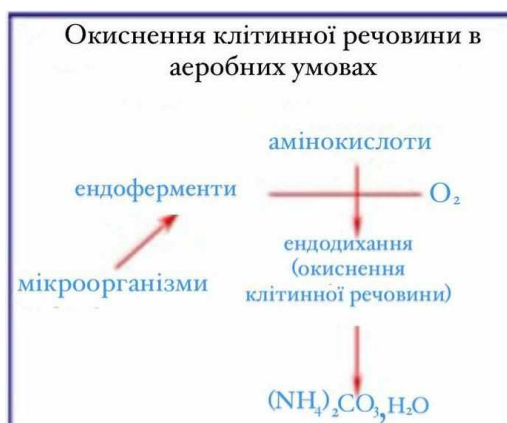


Рисунок 2.3 Схема процесу окиснення клітинної речовини в аеробних умовах [24]

Слід особливо відзначити, що жири мало і повільно піддаються біохімічним процесам розкладання, і їх біохімічне окиснення відбувається саме в цій фазі [23].

2.3 Характеристика очищеної стічної води

Готовим продуктом анаеробно-аеробної технології є очищена стічна вода молокозаводу. Вода не містить токсичних, радіоактивних речовин та солей важких металів. Очищена вода має рН 7,2 і містить допустимі концентрації для скиду у природну водойму. Стічні води молокозаводу після очистки будуть направлятися в річку Рось.

Допустимі граничні концентрації затверджені згідно постанови Кабінету Міністрів України «Правила від 25.03.1999 № 465 Про затвердження Правил

					<i>ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами».

Після очищення стічна вода матиме такі показники забруднюючих речовин, що наведені в таб. 2.1.

Таблиця 2.1 Характеристика стічної води, що скидається у річку Рось

Показник	Одиниця виміру	Значення показника після повного очищення	Необхідний ступінь очищення для скиду у природну водойму
рН	од	7,2	6,5-8,0
Завислі речовини	мг/дм ³	15	83,3
ХСК	мг О ₂ /дм ³	45	50
БСК _{повн}	мг О ₂ /дм ³	15	30,8
Фосфати	мг/дм ³	3	6
Азот амонійний	мг/дм ³	0,3	0,5
Жири	мг/дм ³	10	15
ПАР	мг/дм ³	1	1,5

Отже, стічна вода далі направляється на скид у річку Рось та відповідає нормам скиду.

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Сировина та матеріали

Сировина та матеріали, що необхідні для проходження процесу очищення наведені у табл. 3.1

Таблиця 3.1 Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів

Найменування	Категорія і номер НТД, згідно якого перевіряється сировина	Показники, що обов'язкові для перевірки та їх нормативне значення	Одиниці виміру	Примітка
1. Основна сировина:				
1.1 Вода водопровідна	ДСанПіН 2.2.4-171-10	Загальне мікробне число при t 37° С - 24 год*	КУО/см ³	≤ 100 (≤ 50)
		Запах: при t 20° С при t 60° С	бали	≤ 2 ≤ 2
		Забарвленість	градуси	≤ 20 (35)
		Водневий показник	одиниці рН	6,5-8,5
		Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	≤ 7,0(10,0)
		Каламутність	нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм ³)	≤ 1,0(3,5)
		БСК ₅	мг/дм ³	20,0
		ХСК	мг/дм ³	120,0

ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Узлії В.І.				ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА			
Конс.								
Керідн.	Козар М.Ю.							
Затв.								
						Літ.	Арк.	Акрушід
							63	109
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71		

1.2 Неочищені стічні води молокозаводу	ДБН В.2.5- 75:2013	Завислі речовини	мг/дм ³	550
		БСК _{повн}	мг O ₂ /дм ³	9450
		ХСК	мг O ₂ /дм ³	21800
Азот загальний		мг/дм ³	43,6	
Фосфати		мг/дм ³	12,59	
Жири		мг/дм ³	42,2	
рН		од.	6,35	
Завислі речовини		мг/дм ³	550	
«Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами від 25.03.1999 № 465»[17]		Азот амонійний	мг/дм ³	0,5
		ХСК	мг O ₂ /дм ³	50
	БСК _{повн}	мг O ₂ /дм ³	30,8	
	Завислі речовини	мг/дм ³	83,3	
	Зовнішній вигляд		Рідина зеленувато- жовтого кольору	
	Коефіцієнт світлопропускання	%, не менше	20	
	Масова концентрація активного хлору	г/дм ³ , не менше	190	

2. Допоміжна сировина:				
2.1 Гіпохлорит натрію	ГОСТ Р 57568-2017 Гіпохлорит натрію Технічні умови[25]	Зовнішній вигляд		Однорідний сипучий матеріал з розміром часток не більше 20 мм білого кольору
		Масова частка оксиду алюмінію	%, не менше	16
		Масова частка нерозчинного у воді залишку	%, не більше	0,3
		Масова частка заліза в перерахунку на оксид заліза (III)	%, не більше	0,02
2.2 Сульфат алюмінію	ДСТУ ГОСТ 30333:2009 Сульфат алюмінію очищений Технічні умови[26]	Зовнішній вигляд	Білий порошок з різким запахом хлору	
		Вміст активного хлору	%, не менше	30
		Вміст активного хлору	%, не менше	30
		pH	од.	5,5-8,5
2.3 Гашене вапно	ДСТУ Б В.2.7-90:2011 Гашене вапно. Технічні умови	Яйця гельмінтів	од.	0
		Патогенні ентеробактерії клітин	од.	0

3.Напівпродукти				
3.1 Осад	Національний стандарт України ДСТУ 8727:2017 Осад стічних вод	pH	од.	5,5-8,5
		Яйця гельмінтів	відсутні	
		Патогенні ентеробактерії клітин	відсутні	

3.2 Опис технологічного процесу

У даній технології піддаються очищенню стічні води молокозаводу об'ємом 9000 м³ /добу.

ДР1. Підготовка повітря. Підготовка повітря в технології очистки стічних вод молокозаводу дуже важлива, оскільки використовується в аеробних біореактора, аеротенках тому при його подачі в реактори необхідно забезпечити виконання трьох основних операцій: стиснення повітря для подолання опору повітропроводів та арматури; видалення пилу та інших завислих у повітрі частинок; регулювання температури та вологості.

ДР1.1 Забір повітря з атмосфери. Здійснюється шляхом забору повітря з атмосфери за допомогою труб з точкою забору 4-6 м вище рівня землі. Температура повітря становить 20° С і вологість 60-90%.

ДР1.2 Фільтрування повітря. У повітрі можуть знаходитись механічні частки, від яких потрібно очистити повітря. Для запобігання абразивного зношення компресійного обладнання необхідно видалити механічні частинки з повітря.

Для механічної очистки повітря застосовують фільтри, де крізь волокнистий матеріал, затримуються механічні частинки та пил. Фільтрувальним матеріалом слугує тканина Петрянова (ФПП-15-3,0) з максимальним діаметром частинок, що затримує 1,5 мкм, максимальною допустимою температурою 60°С й

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективністю очищення 98%. На цій стадії відбувається контроль ефективності очищення.

ДР1.3 Компресування повітря. Для отримання компресованого повітря застосовуються повітродувки, які мають продуктивність від 5 до 190 м³ /хв і забезпечують стиснене повітря до 2,5 кПа. На цій стадії кожного дня контролюється тиск з використанням технічного манометра.

ДР2 Приготування розчину гіпохлориту натрію.

Розчин гіпохлориту натрію готують наступним чином: тверду масу з безбарвних кристалів, розчиняють у воді. Відповідно до «ГОСТ Р 57568-2017. Гіпохлорит натрію. Технічні умови» розрахункова доза активного хлору повинна становити 3 г/дм³. На даній стадії відбувається технологічний контроль за концентрацією реагенту. Розчин готується для ТП 7.

ДР3 Підготовка розчину коагулянту, флокулянту та гашеного вапна.

ДР3.1 Підготовка розчину коагулянту.

Для обробки ущільненого осаду використовуються коагулянти.

Механічні способи очищення дозволяють видалити з води найбільші нерозчинні домішки. Однак більша частина забруднювачів є завислі і колоїдні частинки, що не піддаються фільтрації. Коагулянти виконують роль укрупнювачів таких забруднень, що дозволяє видалити їх.

В якості коагулянту застосовують сульфат алюмінію (III) у концентрації 60 мг/дм³.

ДР3.2 Підготовка розчину флокулянту.

Для інтенсифікації процесу коагуляції у воду додатково вводять флокулянти (найбільш поширений поліакриламід). Флокулянти сприяють зменшенню мутності води, тобто очищають її від тонкодисперсних та нерозчинних домішок. Вносять поліакриламід у концентрації 1,5 мг/дм³.

ДР3.3 Підготовка розчину гашеного вапна.

Гашене вапно використовується для регулювання показників рН, тому його концентрація в розчині має становити 80%.

					<i>ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На цій стадії здійснюється технологічний і хімічний контроль за якістю і концентрацією розчинів.

ТП 4. Стадія механічної очистки стічної води

ТП 4.1 Механічне очищення на решітках.

За допомогою решіток для очищення стічних вод з середовища видаляються великі плаваючі забруднення. Грати можуть бути рухомими і нерухомими. Вони встановлюються під кутом 65-75° до горизонту. В процесі експлуатації решітки для очищення стічних вод потрібно регулярно очищати від налиплих забруднень.

Періодично проводиться технічний контроль. Швидкість потоку рідини у апараті становить до 0,9 - 1,0 м/с. Передбачається встановлення типових решіток з механічним очищенням типу РМУ-1. Відходи скидаються у відкидний лоток. Граблі механічної решітки РМУ-1 приводяться у рух електродвигуном потужністю $N=0,37$ кВт при частоті обертів $n=1450$. Кількість прозорів в решітці - 13, розмір прозорів 16 мм. Пропускна здатність - до 45000 м³ /добу. На даному етапі здійснюється технологічний контроль пропускної здатності ґраток, що свідчитиме про ступінь засміченості ґраток крупними домішками. Пропускна здатність має становити не менше 60% від максимальної.

ТП 4.2 Очищення на жировловлювачах.

На даному етапі за допомогою жировловлювачів із стічних вод видаляються частинки жиру.

Жирові частинки піднімаються на поверхню за рахунок різної щільності. Там жир потрапляє в спеціальний лоток, де і накопичується, а очищена вода йде далі по системі. У другій камері жир остаточно відділяється. Скупчені тверді частинки доводиться періодично вичищати вручну або за допомогою автоматизованих систем. Відділені жирові частинки ідуть на вивезення.

ТП 4.3 Очищення на пісковловлювачах.

Метою даного етапу є видалення крупних механічних домішок розміром від 0,15 мм до 0,25 мм в пісковловлювачах, так як в подальших спорудах, біологічного очищення, вони можуть накопичуватись в значних кількостях, знижуючи їх ефективність роботи.

					<i>ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип роботи пісковловлювачів полягає в тому, що під впливом сили тяжіння частинки, чія питома вага більше ваги води, у міру їх руху разом зі стічними водами випадають у вигляді осаду. У переважній більшості випадків пісколовки розраховані на затримання частинок розміром від 0,25 міліметра. Як показує практика, при горизонтальному русі водних мас в пісковловлювачах швидкість буде лежати в діапазоні від 0,15 до 0,3 метра в секунду. При більшій швидкості пісок не буде встигати випадати в осад, а при меншій - в пісковловлювачах крім мінеральних домішок залишатимуться і органічні включення.

Видалення піску із бункера здійснюється періодично (двічі на добу) гідроелеватором. Піскова пульпа видаляється на піскові майданчики по одній з двох ліній пісководу. Піщані майданчики являють собою дренавані ділянки, огорожені валиками висотою 1-2 м. Вони розташовуються близько до пісколовок.

ТП 4.4 Усереднення показників стічних вод

Усереднення концентрацій забруднюючих речовин відбувається в усереднювачі. Їх застосовують для регулювання складу або витрати стічних вод, що надходять на очисні споруди. Усереднювачі вирівнюють пікові витрати і концентрації стічних вод, що дозволяє розробити більш економічні очисні споруди, так як при цьому для розрахунку приймаються усереднені дані.

ТП 5. Стадія біологічної очищення стічної води.

ТП 5.1 Очищення стічних вод в UASB реакторі

З ТП 4 вода поступає на анаеробний біореактор типу UASB з висхідним потоком води через шар гранул анаеробного біологічного мулу. Тут відбувається розщеплення органічних речовин в анаеробних умовах за допомогою мікроорганізмів. Концентрація розчиненого кисню має становити не більше 0,1- 0,2 мг/дм³. Завдяки руху рідини і утворенню бульбашок газу в реакторі забезпечується перемішування усередині шару мулу, що сприяє інтенсивному протіканню процесу. Реактор має зони зброджування, газовідокремлення і відстоювання стічної води. При розкладенні органічних речовин виділяється газ,

					<i>ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

який поступає до газовідокремлювача і відводиться на використання. Біореактор знаходиться під тиском, тому на цій стадії здійснюється його технологічних контроль.

ТП 5.2 Очищення стічних вод в аеротенку-витиснювачі.

На цій стадії відбувається повне біологічне окиснення органічних речовин.

Активний мул подається на вхід в аеротенк, куди також надходить стічна вода від ТП 5.1. Перемішування активного мулу і стічної води забезпечується за рахунок аераторів, що встановлені на дні споруди. Аератори подають повітря яке було підготовлене на стадії ДР 1. Розщеплення органічних речовин відбувається за рахунок мікроорганізмів активного мулу.

Регенерація потрібна бо значення $БСК_{повн}$ перевищує значення 150. Циркуляційний активний мул подається на початок першого коридору. До аеротенків подається повітря, підготовлене на стадії ДР 1, для підтримування мулової суміші у завислому стані та забезпечення киснем процесу окиснення органічної частини забруднень.

Доза активного мулу в системі аеротенк-регенератор становить аеротенк-регенератор $C=4,5$ г/дм³, приріст активного мулу складає $P=258,6$ мг/дм³.

Ступінь рециркуляції складає $R=0,3$, доза активного мулу в регенераторі $a_p=6,7$ г/дм³. Тривалість обробки води в аеротенку $t_a=2,1$ год.

На даній стадії проводиться технічний контроль інтенсивності аерації, рН, $БСК_{повн}$, гідробіологічні показники два рази на добу.

ТП 6. Вторинне відстоювання. З ТП 5.2 вода із надлишковим активним мулом потрапляє до розподільчого каналу вторинних відстійників, а потім на розподільчу чашу кожної групи відстійників і через водозлив з широким порогом – до самих відстійників. Очищена вода рівномірно переливається через водозлив і по відвідному кільцевому лотку надходить у переливну кишеню та по трубопроводу у відвідний канал. Проводиться протягом 1,5 годин. Проводиться технічний контроль концентрації завислих речовин. Надлишковий активний мул, з вторинного відстійника вилучається й направляється на стадію ПВ 8.

Гідравлічне навантаження відстійника $q=1,75$ м³/м²·год.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ТП 7. Знезараження очищеної стічної води гіпохлоритом натрію.

ТП 7.1 Змішування стічних вод з гіпохлоритом натрію. Вода з ТП 6 надходить у споруду куди подається гіпохлорит натрію у вигляді розчину з концентрацією 3 мг/дм³. Досягнути такої концентрації можна завдяки системі автоматичного регулювання дозування.

Зі стадії ДР 2 надходить розчин гіпохлорит натрію та проводиться знезараження води шляхом обробки стічних вод знезаражуючим розчином. Тривалість цього процесу становить 30 хв. Після знезараження очищена вода скидається у річку. Обов'язково проводиться контроль всіх показників за нормами скиду води у природну водойму.

ПВ 8. Стадія обробки осадів.

ПВ 8.1. Ущільнення надлишкового активного мулу. Метою даного етапу є зниження вологості НАМ до 97 %, що зменшить об'єми осадів, полегшить його подальшу обробку і дозволить зменшити розміри наступних споруд обробки осадів.

Для відділення мулової води і надлишкового активного мулу передбачена стадія ущільнення. Мул під своєю вагою осідає на дно видаляється муловідсмоктувачем на подальшу обробку.

ПВ 8.2 Аеробна стабілізація надлишкового активного мулу.

Метод аеробної стабілізації полягає в тривалому аеруванні надлишкового активного мулу в спорудах типу аеротенків (стабілізаторах). В результаті під час протікання процесів біохімічної деструкції органічної речовини (мінералізації осаду) підвищується його стійкість до загнивання, поліпшуються санітарні умови зневоднення осаду, зберігання або утилізації. Процес триває 8-10 діб, при температурі 36 °С. В результаті проходження процесу вологість мулу становить 96,5%.

ПВ 8.3 Дегельмінтизація ущільненого надлишкового активного мулу.

Процес дегельмінтизації застосовується з метою видалення яєць гельмінтів, що присутні в осаді. Відбувається під дією високої температури (Т=65 °С), яка забезпечується гарячою водяною парою. Тривалість процесу 30 хв.

					<i>ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПВ 8.4 Промивка осаду.

Осад промивають очищеною стічною водою протягом 30 хв.

ПВ 8.5 Ущільнення осаду

Метою даного етапу є зниження вологості осаду до 95-96 %, що зменшить об'єми осадів і полегшить його подальшу обробку. Мулова вода направляється до ТП 4.1.

ПВ 8.6 Коагуляція ущільненого осаду. Для зміни структури та покращення водовіддаючих властивостей осад обробляються розчином коагулянту. Обробка мінеральним коагулянтом забезпечує агрегацію тонкодисперсних та колоїдних частинок осаду, супроводжується руйнуванням гідратних оболонок, а також зміною форм зв'язку вологи з частинками осаду. Це зменшує питомий опір осадів фільтрації до значень, при яких забезпечується стабільна робота зневоднюючого обладнання. Передбачена обробка сульфатом алюмінію, що є найбільш ефективним коагулянтом. При його застосуванні рН має становити 6,5-8, за температури 20-25 °С. Для регуляції рН використовують розчин гашеного вапна $C_{Ca(OH)_2}=80\%$. Також для покращення утворення агрегатів додається розчин поліакриламід. Реагенти подаються від ДР 3.

ПВ 8.7 Зневоднення осаду на вакуум-фільтрі. Далі осад поступає на вакуум-фільтри для зневоднення. Робочий цикл вакуум-фільтра включає наступні операції: фільтрування, зневоднення (підсушування), видалення кеку на полігон. Утворений фільтрат подається на стадію ТП 4.1, а утворений осад на майданчики для збереження або на полігон для захоронення. Робочий тиск 0,16 МПа, здійснюється технічний контроль тиску.

ПВ 9. Збирання біогазу у газгольдерах. Біогаз, який утворився при анаеробному зброджуванні стічних вод на ТП 5.1 збирається в газгольдері. Зібраний та очищений біогаз далі відводиться на використання. На даній стадії здійснюється технологічний контроль тиску.

ПВ 9.1 Очищення біогазу

Біогаз містить баластні і шкідливі домішки, здатні викликати корозію і забруднення апаратури. Для видалення цих домішок газ піддається очищенню.

					<i>ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виробленні біогазу його очищають від сірчаних сполук, діоксиду й оксиду вуглецю.

ПВ 10. Підсушування на аварійних мулових майданчиках. На аварійні мулові майданчики для підсушування подається 20% від річної кількості осаду. Дренажна вода насосами перекачується у головну очисних споруду (на стадію ТП 4), осад – на утилізацію.

ПВ 11. Підсушування піщаної пульпи на піскових майданчиках. Зі стадії ТП 4.3 надходить пісок, що подається на піщані майданчики, де підсушується. Дренажна вода насосами перекачується у голову очисних споруд (на стадію ТП 4.1), висушений пісок – на вивезення.

3.3 Контроль виробництва

Для забезпечення нормального перебігу процесу очистки та дотримання всіх параметрів біологічного очищення стічних вод молокозаводу передбачені контрольні точки, що наведені у табл. 3.2. Контрольні точки дозволяють здійснити аналіз над основними контрольно-вимірювальними приладами.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 Точки та параметри контролю

№ п/п	Назва стадії процесу, місце заміру параметра або відбору проби	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічно го режиму та допустимі відхилення	Методи контролю	Метод контролю параметра, тип приладу
1	2	3	4	5	6	7
1	Подача стічних вод молокозаводу на очистку	Витрата стічних вод, м³/добу	1 раз на добу	9000, $\delta = \pm 2\%$	K _T	Витратомір ОПТИФЛУХ 2300, Похибка витратоміра $\pm 0,2\%$ або $\pm$ 1 мм
		Масова концентрація завислих речовин, мг/дм³	Кожні 3 години	550, $\delta = \pm 5\%$	K _x	КНД 211.1.4.039 - 95
		ХСК, мг O ₂ /дм³	3 рази на тиждень	21800, $\delta = \pm 15\%$	K _x	КНД 211.1.4.021 - 95
		БСК, мг O ₂ /дм³	3 рази на тиждень	9450, $\delta = \pm 10\%$	K _x	КНД 211.1.4.024 - 95
		pH	Кожні 3 години	6,35 $\delta = \pm 0,05\%$	K _x	pH-метр pH- 4131

2	Підготовка аераційного повітря	Тиск в повітродувці, МПа	2 рази за добу	1,6, $\delta = \pm 1,5\%$	K_T	Манометр промисловий МТТ 422.12
3	Приготування гіпохлориту натрію	Тиск, МПа	1 раз на годину	0,01-0,02, $\delta = \pm 0,5\%$	K_T	Манометр промисловий МТТ 422.12
		Масова концентрація, г/дм ³	1 раз на годину	3, $\delta = \pm 5\%$	K_X	Концентратомір МАРК-1102
4	Підготовка розчинів коагулянту, флокулянту, гашеного вапна	Масова концентрація сульфату алюмінію, г/дм ³	1 раз на годину	0,06, $\delta = \pm 2\%$	K_X	Концентратомір МАРК-1102
		Масова концентрація поліакриламід, г/дм ³	1 раз на годину	0,0015, $\delta = \pm 2\%$	K_X	Концентратомір МАРК-1102
		Масова концентрація гашеного вапна, %	1 раз на годину	80, $\delta = \pm 5\%$	K_X	Концентратомір МАРК-1102
5	Очищення на решітках	Пропускна здатність	1 раз на день	Не менше 60% від максимальної $\delta = \pm 2\%$	K_T	Візуально за ступенем контамінації
6	Очищення на жировловлювачах	Масова концентрація жирових частинок, г/дм ³	1 раз на день	10 $\delta = \pm 15\%$	K_X	Концентратомір МАРК-1102

7	Очищення на пісковловл ювачах	Концентраці я піску та мінеральних домішок, %	1 раз на добу	0,8 $\delta = \pm 3\%$	K_x	За методикою КНД 211.14.045- 95
8	Усередненн я стічних вод	Витрата стічних вод, м³/добу	1 раз на добу	4500	K_T	Витратомір OPTIFLUX 2300, Похибка витратоміра $\pm 0,2\%$ або $\pm$ 1 мм
9	Очищення в UASB-реакторі	Концентраці я завислих речови, мг/дм³	1 раз на добу	134 $\delta = \pm 15\%$	K_x	КНД 211.14.024- 95
		БСК, мг/дм³	2 рази на тижні	463 $\delta = \pm 10\%$	K_x	КНД 211.14.024- 95
		ХСК, мг/дм³	2 рази на тижні	713 $\delta = \pm 15\%$	K_x	КНД 211.14.024- 95
		pH	1 раз на день.	6,5-7 $\delta = \pm 3\%$	K_T	pH-метр pH- 4131
		Температура, С	1 раз на добу	36 $\delta = \pm 1 \text{ С}$	K_T	МВВ № 081/12- 0311-06 Термометр ц.п. 0,1С
		Тиск, МПа	1 раз на годину	0,01-0,02, $\delta = \pm 0,5\%$	K_T	Манометр промислови й МТТ 422.12

10	Очищення в аеротенку	Доза активного мулу, г/дм ³	4 рази на тиждень	2,5	K _x	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Муловий індекс см ³ /г	1 раз за добу	85	K _x	Методика лабораторного контролю за роботою каналізаційних очисних споруд
		Температура, С	1 раз на добу	36 $\delta = \pm 1$ С	K _T	МВВ № 081/12-0311-06 Термометр ц.п. 0,1С
		pH	1 раз на день	6,5-7 $\delta = \pm 3\%$	K _T	pH-метр pH-4131
11	Відстоювання у вторинному відстійнику	Концентрація завислих речовин, мг/дм ³	1 раз на добу	15	K _x	КНД 211.14.024-95
		БСК, мг/дм ³	2 рази на тиждень	15	K _x	КНД 211.14.024-95
		ХСК, мг/дм ³	2 рази на тиждень	45	K _x	КНД 211.14.024-95
		Вологість надлишкового активного мулу, %	3 рази на тиждень	99,2-99,7	K _T	M-Sens 2

		Ступінь рециркуляції	4 рази на тиждень	0,23	K _T	Методика лабораторно го контролю за роботою каналізаційн их очисних споруд
12	Змішування стічної води з гіпохлорито м натрію	Доза активного хлору, мг/дм ³	1 раз на добу	3	K _X	Дозатор- витратомір 8010
13	Ущільнення НАМ	Вологість, %	1 раз на тиждень	98	K _T	M-Sens 2
14	Аеробна стабілізація надлишково го активного мулу	Вологість,%	1 раз на добу	97,8	K _T	M-Sens 2
		Мікроскопію вання надлишковог о активного мулу	1 раз на добу		K _T	USB мікроскоп T006
15	Промивка осаду	Мікроскопію вання осаду	1 раз на тиждень		K _T	USB мікроскоп T006
16	Ущільнення осаду	Вологість,%	1 раз на добу	96	K _T	M-Sens 2
17	Реагентне кондиціонування осаду	Масова концентрація коагулянту	1 раз на годину	0,06, $\delta = \pm 2\%$	K _X	Концентрато мір МАРК- 1102
		Масова концентрація флокулянту	1 раз на годину	0,0015, $\delta = \pm 2\%$	K _X	Концентрато мір МАРК- 1102

		Масова концентрація гашеного вапна	1 раз на годину	80, $\delta = \pm 5\%$	K_x	Концентрато мір МАРК-1102
18	Зневоднення осаду на вакуум-фільтрі	Вологість осаду, %	1 раз на добу	65	K_T	M-Sens 2

3.4 Матеріальний баланс

Для очистки стічних вод молокозаводу використовуються різні реагенти та матеріали, тому в таблиці 3.3 представлено їх надходження та витрати.

Таблиця 3.3 Матеріальний баланс технологічного процесу

Використано					Отримано				
Стадія	Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Кількість			Стадія	Назва кінцевого продукту або напівпродукту, відходів та втрат	Кількість		
		кг/м ³ СВ	м ³ /добу	кг			кг/м ³ СВ	м ³ /добу	кг
Механічна очистка стічних вод	Неочищена стічна вода	-	9000	-	Механічна очистка стічних вод	Неочищена стічна вода		8950	
	Завислі речовини		-	512		Завислі речовини			400
	БСК		-	420		БСК			350

Продовження табл. 3.3

	Пісок та мінеральні домішки			375		Пісок та мінеральні домішки			557
					Втрати	Неочищена стічна вода		50	
	Всього:		9000	1307		Всього:		9000	1307
Біологічна очистка стічних вод	Неочищена стічна вода		8950		Біологічна очистка стічних вод	Очищена стічна вода		8730	
	Завислі речовини			400		Завислі речовини			374
	БСК			261		БСК			236
	Приріст біомаси			535		Приріст біомаси			586
					Вилучено	Біомаса			
					Втрати	Стічна вода		220	
	Всього:		8950	1196		Всього:		8950	1196

РОЗДІЛ 4 ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

4.1. Розрахункові витрати стічних вод

Згідно завдання середня витрата стічних вод молокозаводу складає
 $Q_{\text{сер.доб}} = 9000 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Середньогодинна витрата стічних вод молокозаводу:

$$Q_{\text{сер.год}} = \frac{9000}{24} = 375 \text{ м}^3/\text{год}$$

Середньосекундна витрата стічних вод молокозаводу:

$$Q_{\text{сер.сек}} = \frac{375}{3600} = 0,10 \text{ м}^3/\text{с}$$

Середньосекундна витрата в дм³ становить:

$$Q_{\text{сер.сек}} = 0,10 \cdot 1000 = 100 \text{ дм}^3/\text{с}$$

Максимальна та мінімальні секундні витрати стічних вод молокозаводу становлять:

$$q_{\text{max.c}} = K_{\text{max}} \cdot q_{\text{сер.c}} = 1,6 \cdot 100 = 160 \frac{\text{дм}^3}{\text{с}}$$

$$q_{\text{min.c}} = K_{\text{min}} \cdot q_{\text{сер.c}} = 0,59 \cdot 100 = 59 \frac{\text{дм}^3}{\text{с}}$$

де $q_{\text{сер.c}}$ – середньосекундна витрата стічних вод молокозаводу, м³/доб; K_{max} і K_{min} – максимальні та мінімальні коефіцієнти нерівномірності водовідведення, визначаємо за ДБН [27] Визначається в залежності від середньої витрати стічних вод (дм³/с). Шляхом інтерполяції було визначено $K_{\text{max}} = 1,6$, $K_{\text{min}} = 0,59$

Максимальна годинна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{max}} = 3,6 \cdot q_{\text{max.c}} = 3,6 \cdot 160 = 576 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ		
Розроб.	Узлії В.І.						
Конс.							
Керіdn.	Казар М.Ю.						
Затверд.	.						
					Літ.	Арк.	Акрюшів
						81	109
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71		

4.2 Розрахунок коефіцієнта змішування стічних вод з водою річки Рось

Коефіцієнт турбулентної дифузії, який показує змішування стічної води з водою річки Рось, визначається за формулою:

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200} = \frac{2,6 \cdot 3}{200} = 0,039$$

де V_{cp} - середня швидкість течії води в річці Рось між випуском стічних вод і розрахунковим створом, $V_{cp} = 2,6$ м/с; H_{cp} - середня глибина річки на тій же ділянці, м $H_{cp} = 3$ м.

Коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування стічних вод з водою річки Рось, визначається за формулою:

$$\alpha = \phi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{сер.с.}}} = 2,0 \cdot 1,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,039}{0,10}} = 2,2$$

де ϕ - коефіцієнт звивистості річки Рось, рівний відношенню відстані по фарватеру від місця випуску стічних вод до розрахункового створу до відстані між цими пунктами по прямій $\phi = 2,0$ ξ – коефіцієнт, що залежить від місця і конструкції випуску стічних вод у річку Рось. Приймається русловий випуск – $\xi = 1,5$; $Q_{сер.с.}$ - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, $Q_{сер.с.} = 0,10 \text{ м}^3/\text{с}$.

Коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою знаходиться за формулою:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q}{Q_{сер.с.}}\right) e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - e^{-2,2 \sqrt[3]{2600}}}{1 + \left(\frac{26}{0,10}\right) e^{-2,2 \sqrt[3]{2600}}} = 1$$

де L - відстань по фарватеру річки Рось від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, м $L = 2,6 \text{ км} = 2600$ м; Q - розрахункова витрата води в річці при 95% забезпеченості, $\text{м}^3/\text{с}$: $Q = 26 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_{сер.с.}$ - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, $\text{м}^3/\text{с}$: $Q_{сер.с.} = 0,10 \text{ м}^3/\text{с}$.

ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ

Арк.

82

4.3. Необхідний ступінь очищення стічних вод

Гранично-допустима концентрація завислих речовин в очищеній стічній воді, що скидається у річку Рось, складає:

$$C_{зр}^{доп} = p \cdot \left(\frac{\gamma \cdot Q}{Q_{сер.с.}} + 1 \right) + C_{\phi} = 0,25 \cdot \left(\frac{1 \cdot 26}{0,10} + 1 \right) + 18 = 83,3 \text{ мг/дм}^3$$

де p - приріст концентрації завислих речовин у річці Рось після випуску стічних вод, мг/дм^3 , що залежить від виду водокористування (згідно завдання водокористування відноситься до рибогосподарського вищої категорії, тому $p=0,25 \text{ г/м}^3$; C_{ϕ} - фонові концентрації завислих речовин у воді річки Рось до місця випуску стічних вод, мг/дм^3 (згідно завдання $C_{\phi}=18$).

Допустиме значення $BCK_{повн}$ стічних вод, що скидаються у водойму:

$$C_{BCK}^{доп} = \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{сер.с.}} \cdot \left(\frac{C_{BCK}^H}{10^{-k \cdot t}} - C_{BCK}^{\phi} \right) + \frac{C_{BCK}^H}{10^{-k \cdot t}}$$

$$= \frac{1 \cdot 26}{0,10} \cdot \left(\frac{3}{10^{-0,085 \cdot 0,012}} - 2,9 \right) + \frac{3}{10^{-0,085 \cdot 0,012}} = 30,8 \text{ мг/дм}^3,$$

де $C_{BCK}^{доп}$ - значення $BCK_{повн}$, яке повинно бути досягнуто в процесі очищення стічних вод, мг/дм^3 ; C_{BCK}^H - гранично-допустиме значення $BCK_{повн}$ у розрахунковому створі річки, мг/дм^3 , оскільки вид водокористування рибогосподарське вищої категорії, то гранично-допустиме значення $BCK_{повн}$ становить 3 мг/дм^3 ; C_{BCK}^{ϕ} - фонове значення $BCK_{повн}$ у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм^3 (згідно завдання $C_{BCK}^{\phi}=2,9 \text{ мг/дм}^3$); k - константа швидкості споживання кисню у суміші річкової та стічних вод, доба^{-1} , що визначається в залежності від температури [27]; t - тривалість переміщення води від місця випуску до розрахункового створу становить:

$$t = \frac{L}{V_{ср} \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{2600}{2,6 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,012 \text{ доб}$$

де L - відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, м (згідно завдання $L=2,6 \text{ км}$); $V_{ср}$ - середня швидкість течії

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с (згідно завдання $V_{cp}=2,6$ м/с).

Розрахунок допустимого БСК_{повн} стічних вод, що скидаються у річку Рось, за розчиненим у воді киснем, без урахування поверхневої реаерації водойми. Потрібна концентрація розчиненого кисню у воді річки для літніх умов буде забезпечена, якщо БСК_{повн} стічних вод не буде перевищувати величину:

$$C_{BCK}^{O_2} = \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot Q_{сер.с}} \cdot (O_{\phi} - 0,4 \cdot C_{BCK}^{\phi} - O_{min}) - \frac{O_{min}}{0,4}$$

$$= \frac{1 \cdot 26}{0,4 \cdot 0,10} \cdot (8 - 0,4 \cdot 2,9 - 6,1) - \frac{6,1}{0,4} = 465 \text{ мг/дм}^3$$

де $C_{BCK}^{O_2}$ - БСК_{повн} стічних вод, яке потрібно досягнути в процесі очищення, мг/дм³; O_{ϕ} - фонові концентрація розчиненого кисню у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання $O_{\phi}=8$ мг/дм³); O_{min} - найменша концентрація розчиненого кисню, яка повинна бути забезпечена у річці, мг/дм³ (в залежності від виду водокористування. Для рибогосподарської вищої категорії O_{min} має бути не менше 6 мг/дм³); C_{BCK}^{ϕ} - фонове значення БСК_{повн} у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання $C_{BCK}^{\phi}=2,9$ мг/дм³); 0,4 - коефіцієнт для перерахунку БСК_{повн} у БСК₂.

Отже, отримані значення концентрації завислих речовин (83,3 мг/дм³) і значення БСК_{повн} (30,8 мг/дм³), свідчать про те, що не потребується доочищення, бо повне біологічне очищення дозволяє досягти значень БСК_{повн}=15 мг/дм³, $C_{зр}=15$ мг/дм³.

4.4 Розрахунок аеротенка

Стічна вода яка надходить на очищення в аеротенк проходить стадію механічного очищення, яке забезпечує зниження забруднюючих речовин на 30% і першу стадію біологічного очищення в анаеробному біореакторі, який дозволяє знизити органічні забруднення на 80-95%.

Тоді після механічного очищення БСК_{повн}= 9450-30%=6615 мг/дм³

Після анаеробного біореактора БСК_{повн}=6615-93%=463,05 мг/дм³

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення $BCK_{\text{повн}}$ стічних вод, які надходять в аеротенк, становить 463,05 мг/дм³. Згідно [Каналізація. Зовнішні мережі і споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5 – 75:2013. – Замість СНиП 2.04.03-85; чинний від 2014-01-01. – К: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. – 207 с], при концентрації $BCK_{\text{повн}} < 500$ мг/дм³ приймаємо аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу ($BCK_{\text{повн}} > 150$ мг/дм³).

Попередньо приймаємо дозу активного мулу в зоні аерації в межах 2-4,5 г/дм³ та значення мулового індексу 70-100 см³/г. Для прийнятих значень визначається ступінь рециркуляції активного мулу:

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

де a_a – доза мулу, що дорівнює 2,5 г/дм³; J – муловий індекс, який становить 85 см³/г.

Згідно з [ДБН В.2.5 – 75:2013 п.6.145], значення R , при видаленні активного мулу з вторинних відстійників за допомогою мулососів має бути не менше 0,3, тому для подальших розрахунків приймається $R=0,3$.

Доза активного мулу в регенераторі визначається за формулою:

$$a_p = a_a \cdot \left(\frac{1}{2R} + 1 \right) = 2,5 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 0,3} + 1 \right) = 6,7 \text{ г/дм}^3.$$

Концентрація органічних забруднень за $BCK_{\text{повн}}$ в суміші стічних вод та циркуляційного активного мулу визначається за формулою:

$$L_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{сум}, BCK}^a + C_{BCK}^{\kappa} \cdot R}{1 + R} = \frac{463,05 + 15 \cdot 0,3}{1 + 0,3} = 359,7 \text{ мг/дм}^3,$$

де $C_{\text{сум}, BCK}^a$ – показник $BCK_{\text{повн}}$ стічних вод, що надходять в аеротенк, з врахуванням зниження BCK після первинного відстоювання на 15-30%, мг/дм³; C_{BCK}^{κ} – показник $BCK_{\text{повн}}$ в очищеній воді після повного біологічного очищення, мг/дм³.

Тривалість обробки стічних вод в аеротенку визначається за формулою:

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_a = \frac{2,5}{\sqrt{a_a}} \cdot \lg \frac{L_{\text{сум}}}{C_{\text{БСК}}^{\kappa}} = \frac{2,5}{\sqrt{2,5}} \cdot \lg \frac{359,7}{15} = 2,1 \text{ год.}$$

Питома швидкість окиснення забруднень активним мулом визначається за формулою:

$$\rho = \rho_{\text{max}} \frac{C_{\text{БСК}}^{\kappa} \cdot C_o}{C_{\text{БСК}}^{\kappa} \cdot C_o + K_L \cdot C_o + K_o \cdot C_{\text{БСК}}^{\kappa}} \cdot \frac{1}{1 + \phi \cdot a_p} =$$

$$85 \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 6,7} = 16,5 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{год}},$$

де $\rho_{\text{max}} = 85 \text{ мг/}(\text{г} \cdot \text{год})$ – максимальна швидкість окиснення стічних вод [ДБН В.2.5 – 75:2013, табл.40]; C_o – концентрація розчиненого кисню в муловій суміші, яка приймається 2 мг/дм^3 ; K_L – константа, яка характеризує властивості органічних забруднень, складає $33 \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{повн}}/\text{дм}^3$ [ДБН В.2.5 – 75:2013, табл.40]; K_o – константа, яка характеризує вплив кисню, становить $0,625 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ [ДБН В.2.5 – 75:2013, табл.40]; ϕ – коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, складає $0,07 \text{ дм}^3/\text{г}$

Тривалість окиснення органічних забруднень визначається за формулою:

$$t_0 = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^{\kappa}}{a_p(1 - S) \cdot \rho \cdot R} \cdot \frac{15}{T_{\text{сер,р}}} = \frac{463,05 - 15}{6,7(1 - 0,3) \cdot 16,5 \cdot 0,3} \cdot \frac{15}{25} = 11 \text{ год},$$

де S – зольність активного мулу, приймається $0,3$; $T_{\text{сер,р}}$ – середньорічна температура стічних вод, становить $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (за завданням).

Тривалість регенерації активного мулу:

$$t_p = t_0 - t_a = 11 - 2,1 = 8,9 \text{ год.}$$

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

$$t_{\text{сер}} = (1 + R) \cdot t_a + t_p \cdot R = (1 + 0,3) \cdot 2,1 + 8,9 \cdot 0,3 = 5,4 \text{ год.}$$

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

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a_{сер} = \frac{a_a(1 + R) \cdot t_a + a_p \cdot R \cdot t_p}{t_{сер}} = \frac{2,5(1 + 0,3) \cdot 2,1 + 6,7 \cdot 0,3 \cdot 8,9}{5,4} = 4,5 \text{ г/дм}^3.$$

Навантаження на активний мул при прийнятих вихідних даних буде складати:

$$q_m = \frac{24(C_{сум,БСК}^a - C_{БСК}^к)}{a_{сер} \cdot (1 - S) \cdot t_{сер}} = \frac{24(463,05 - 15)}{4,5 \cdot (1 - 0,3) \cdot 5,4} = 632 \text{ м}^2/\text{г} \cdot \text{добу}.$$

З урахуванням навантаження на активний мул визначається фактичне значення мулового індексу, згідно [ДБН В.2.5 – 75:2013, табл.41], яке становить: $I_\phi = 97 \text{ см}^3/\text{г}$.

При фактичному значення мулового індексу ступінь рециркуляції становитиме:

$$R^\phi = \frac{a_a}{\frac{1000}{I_m} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{97} - 2,5} = 0,3.$$

Розрахунок вважається завершеним, коли нове значення R_ϕ не перевищує попереднього або відрізняється від нього в межах точності розрахунку 5%. Інакше розрахунок повторюється.

Робочий об'єм аеротенка та регенератора визначається за формулами:

$$W_a = (1 + R) \cdot t_a \cdot Q_{\max} = (1 + 0,3) \cdot 2,1 \cdot 576 = 1572,5 \text{ м}^3;$$

$$W_p = t_p \cdot R \cdot Q_{\max} = 8,9 \cdot 0,3 \cdot 576 = 1538 \text{ м}^3$$

де $Q_{\max}$ – максимальна витрата суміші стічних вод, $\text{м}^3/\text{год}$.

Загальний об'єм становить:

$$W = W_a + W_p = 1572,5 + 1538 = 3110,5 \text{ м}^3.$$

Об'єм однієї секції складає:

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{3110,5}{2} = 1555 \text{ м}^3.$$

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймається двохкоридорний аеротенк-витиснювач з 2 секціями з робочою глибиною $H=3,2$ м; шириною коридорів $B=4,5$ м [28, табл. 27.7].

Довжина секції становить:

$$L = \frac{W}{B \cdot H \cdot N \cdot n_k} = \frac{3110,5}{4,5 \cdot 3,2 \cdot 2 \cdot 2} = 54 \text{ м},$$

де N – кількість секцій аеротенка, шт.; n_k – кількість коридорів у секції, шт.

Визначається розподіл рециркуляційного активного мулу зі співвідношення:

$$\frac{W_p}{W} = \frac{1538}{3110,5} \cdot 100 = 49,4 \text{ \%}.$$

Приріст активного мулу в аеротенку розраховується за формулою:

$$P = 0,8 \cdot C_{3P}^{\kappa, \phi} + K_{II} \cdot C_{\text{сум, БСК}}^a = 0,8 \cdot 149,6 + 0,3 \cdot 463,05 = 258,6 \text{ мг/дм}^3,$$

де $C_{3P}^{\kappa, \phi}$ – концентрація завислих речовин, що надходить в аеротенк, мг/дм^3 ; K_{II} – коефіцієнт приросту активного мулу, становить 0,3.

Аеротенки обладнуються системою аерації. Приймається дрібнобульбашкова система аерації, її розрахунок полягає у визначенні питомої витрати повітря на аерацію, яка визначається за формулою:

$$q_{\text{нов}} = \frac{q_0 \cdot (C_{\text{сум}}^{\text{бнк}} - L_w)}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)} = \frac{1,1 \cdot (463,05 - 15)}{1,68 \cdot 2,52 \cdot 0,85 \cdot 1,1 \cdot (10,1 - 2)} = 15,4 \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

де q_0 – питома витрата кисню повітря, що приймається при повному біологічному очищенні $1,1 \text{ мг/дм}^3$; K_1 – коефіцієнт, який враховує тип аератора і приймається для дрібнобульбашкової аерації в залежності від співвідношення площі аерованої зони та аеротенка ($f_{a,3}/f_a$) [ДБН В.2.5 – 75:2013, табл.42]; K_2 – коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аераторів [ДБН В.2.5 – 75:2013, табл.43]; K_3 – коефіцієнт якості води для міських стічних вод [ДБН В.2.5 – 75:2013 табл.44]; K_T – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, який визначається в залежності від середньомісячної температури стічних вод ($T_{\text{сер,р}}$) за виразом:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_{\text{сер,р}} - 20) = 1 + 0,02 \cdot (25 - 20) = 1,1,$$

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

C_a – розчинність кисню повітря у воді, яка визначається в залежності від глибини занурення аераторів (h_a) за формулою:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{4,4}{20,6}\right) \cdot 8,33 = 10,1 \text{ мг/дм}^3,$$

де C_T – розчинність кисню у воді в залежності від температури та атмосферного тиску, становить 8,33 мг/дм³ [ДБН В.2.5 – 75:2013, табл. 3.5]; C_o – середня концентрація кисню в аеротенку, яку приймають 2 мг/дм³.

Інтенсивність аерації мулової суміші в аеротенку визначається за формулою:

$$I = \frac{q_{нов} \cdot H}{t_{сер}} = \frac{15,4 \cdot 4,5}{5,4} = 12,8 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

де H – глибина аеротенка, м.

В регенераторах рекомендується приймати кількість аераторів у 2 рази більшою, ніж в аеротенках, тоді інтенсивність аерації буде складати: в аеротенку - $I_a = 0,67 I_{сер}$, у регенераторі - $I_p = 1,33 I_{сер}$.

$$I_p = 1,33 \cdot I = 1,33 \cdot 12,8 = 17,02 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

$$I_a = 0,67 \cdot I = 0,67 \cdot 12,8 = 8,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

Отримані значення мають бути в межах $I_a^{\min} < I_a$, $I_p < I_a^{\max}$. Згідно [ДБН В.2.5 – 75:2013, табл.42 і табл.43] приймають $I_a^{\min} = 3,25 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, $I_a^{\max} = 20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

Загальна витрата повітря, яке подається в аеротенк, визначається по середній витраті стічних вод за час аерації в години максимального припливу:

$$Q_{пов}^{сер} = q_{нов} \cdot Q_{\max} = 15,4 \cdot 576 = 8870 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Повітродувки підбирають за каталогом, виходячи із загальних витрат напору і розрахункової витрати повітря.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.5 Розрахунок вторинних відстійників

Вторинні відстійники встановлюються для затримання надлишкового активного мулу після аеротенків. Розрахунок вторинних відстійників здійснюється за гідравлічним навантаженням на одиницю площі поверхні, яке для відстійників після аеротенків визначається за формулою:

$$q = \frac{4,5 \cdot K_{\text{відст}} \cdot H_{\text{з.в}}^{0,8}}{(0,1 \cdot I_{\text{м}}^{\phi} \cdot a_{\text{а}})^{0,5-0,01 \cdot a_{\text{т}}}} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3,7^{0,8}}{(0,1 \cdot 97 \cdot 2,5)^{0,5-0,01 \cdot 10}} = 1,4 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$$

де $K_{\text{відст.}}$ - коефіцієнт використання об'єму відстійників, що приймається для радіальних - 0,4; $H_{\text{з.в.}}$ = 3,7 м - глибина зони відстоювання, що приймається за типовим проектом, м; $I_{\text{м}}^{\phi}$ – фактичне значення мулового індексу, приймаємо в межах 70-100 $\text{см}^3/\text{г}$, Приймаємо значення мулового індексу $I_{\text{м}}^{\phi}=97 \text{ см}^3/\text{г}$; Приймаємо концентрацію активного мулу в аеротенку $a_{\text{а}}$ - 2,5 $\text{г}/\text{дм}^3$; $a_{\text{т}}$ - концентрація активного мулу у воді після відстоювання $a_{\text{т}}=10 \text{ мг}/\text{дм}^3$.

Загальна площа поверхні вторинних відстійників визначається за формулою:

$$F_{\text{відст.}} = \frac{Q_{\text{max}}}{q} = \frac{576}{1,4} = 411 \text{ м}^2$$

Кількість вторинних відстійників має бути не менше трьох, усі відстійники – робочі:

$$N = \frac{F_{\text{відст.}} \cdot 4 \cdot K}{\pi D^2} = \frac{411 \cdot 4 \cdot 1,3}{3,14 \cdot 18^2} = 2,1 \text{ шт.}$$

Приймаємо за типовим проектом № 902-2-87/76 3 вторинних радіальних відстійники з діаметром 18 м та глибиною 3,7 м [ДБН В.2.5 – 75:2013, 15].

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

5.1 Охорона праці

Для охорони праці робітників на станціях очисних споруд передбачені нормативні документи такі як «Закон про охорону праці» різні інструкції та техніки безпеки.

При експлуатації очисних споруд на станціях водоочистки можливе виникнення небезпечних ситуацій, таких як: потрапляння в робочу зону отруйних, токсичних парів і пожежовибухонебезпечних газів, а також недостатній вміст кисню в робочій зоні.

Тому під час роботи на станціях очистки води слід дотримуватись таких правил [30]:

- До роботи на об'єктах очисних споруд допускаються особи, які досягли 18 років, що пройшли в установленому порядку медичний огляд, навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці.
- Всі працівники забезпечуються спецодягом, спецвзуттям та засобами індивідуального захисту відповідно до діючих норм.
- Кришки оглядових споруд виробничо-дощової каналізації слід тримати постійно закритими.
- У приміщеннях насосних станцій для перекачування виробничих стічних вод, що містять шкідливі гази або вибухонебезпечні суміші, необхідно мати механічну припливно-витяжну вентиляцію.
- Приміщення хлораторних установок, а також склади для зберігання хлорного вапна і балонів з хлором необхідно обладнати штучної витяжною вентиляцією.
- Роботи в спорудах, де можливе скупчення шкідливих газів, слід виконувати в присутності двох спостерігачів, при виконанні таких робіт необхідно

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ				
Розроб.	Узлії В.І.								
Конс.									
Кері́дн.	Казар М.Ю.								
Затверд.					КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71				
					Літ.		Арк.	Аркуші́в	
							91	109	

користуватися шланговим протигазом.

- На майданчику очисних споруд необхідно мати телефонний зв'язок або сигналізацію, яка б пов'язала з пожежною охороною підприємства
- У виробничих приміщеннях необхідно встановити умивальники і бак з питною водою. Для працівників, зайнятих на роботах з очищення споруд від осаду, промиванні завантажувального матеріалу на біофільтрах, збору "корки" в двоярусних відстійниках, необхідно влаштовувати гарячий душ.
- Необхідно: стежити і підтримувати в нормальному санітарному і протипожежному стані приміщення, обладнання, апаратуру і територію очисних споруд; очищати майданчики і сходи від бруду, снігу, зледеніння, посипати їх в зимовий період піском; містити в справному стані протипожежний інвентар [30].

Вимоги, які слід дотримуватись перед початком роботи:

1. Одягти передбачені відповідними нормами спецодяг і спецвзуття. Перевірити наявність і справність засобів індивідуального захисту.
2. При прийомі зміни оглянути працююче і резервне обладнання, стан контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматики і пожежогасіння, перевірити наявність запчастин і допоміжних матеріалів, ознайомитися у вахтовому журналі із записами і розпорядженнями по роботі.
3. Робочі місця забезпечити слюсарним інструментом, азбестовим шнуром, набором прокладок, дрібними запасними деталями, обтиральним матеріалом, лопатами, гачками для відкриття і закриття кришок споруд і засувки.
4. При необхідності оформити в установленому порядку наряд-допуск на виконання робіт підвищеної небезпеки.
5. Ефективність вентиляції повітряного середовища контролювати повторним аналізом [30].

Вимоги до охорони праці під час роботи:

- Не допускається злив у виробничо-дощову каналізацію стічних вод, які слід відводити по системі спецканалізації на споруди, призначені для їх очищення і знешкодження.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- У місцях проведення робіт встановити переносні триноги: вдень - зі знаками, пофарбованими в білий і червоний кольори; вночі - з акумуляторним сигнальним ліхтарем.
- Застосовуваний інструмент слід виготовляти з матеріалів, що не дають іскру, ріжучий інструмент перед використанням змастити консистентними мастилами.
- Роботу проводити в присутності двох спостерігачів, що знаходяться поза спорудами. Через кожні 15 хвилин роботи в протигазі надається 15-хвилинний відпочинок на поверхні.
- Для місцевого освітлення застосовувати ліхтарі у вибухобезпечному виконанні напругою не більше 12 В, вмикання і вимикання яких слід виробляти поза вибухонебезпечною зоною [30].

При роботі зі сполуками хлору потрібно дотримуватись таких вимог:

- працювати в прогумованому фартусі з нагрудником, гумових чоботях, гумових рукавичках, захисних окулярах;
- баки для приготування розчинів і їх зберігання обладнати мішалками і щільно закривати дерев'яними знімними кришками;
- при розчиненні хлоровмісних сполук користуватися протигазом і працювати при включеній вентиляції;

Також важливими заходами під час роботи на підприємствах є пожежобезпека, електробезпека, забезпечення умов оптимального освітлення робочих зон, забезпечення мікроклімату та захист від шуму та вібрацій [30].

5.2 Охорона довкілля

В харчовій промисловості актуальною для переробних підприємств є охорона атмосферного повітря. У викидах підприємств харчової промисловості знаходяться такі речовини, як: складні ефіри оцтової кислоти, монокарбонові кислоти, лактати, формальдегід, нафталін, діацетил, ацетат амонію, етилбензол, діметілбензол, антрацен, акролеїн, масляна кислота, фенол, толуол, бензол.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						93
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш шкідливі речовини, що надходять в атмосферу від підприємств харчової промисловості, органічний пил, двоокис вуглецю, бензин і інші вуглеводні, викиди від спалювання палива. Багато технологічних процесів супроводжуються утворенням і виділенням пилу в навколишнє середовище. Проте харчова промисловість не відноситься до основних забруднювачів атмосфери. Однак майже всі її підприємства викидають в атмосферу газу і пил, чим погіршують стан атмосферного повітря [31].

Основні шляхи вирішення проблем полягають в наступному:

- забезпечення виробництва високоякісної і екологічно безпечної продовольчої сировини,
- вдосконалення існуючих та розробка нових, в тому числі безвідходних та екологічно чистих технологій харчових продуктів;
- створення суспільної довіри у громадян може значно підвищити економічні можливості того чи іншого підприємства;
- у кожного підприємства повинен бути екологічний паспорт, документ який містить характеристику взаємовідносин підприємства з навколишнім середовищем, а саме: загальні відомості про підприємство, використану сировину, написання технологічних схем виробництва основних видів продукції, схем очищення стічних вод і аеровикидів, їх характеристики після очищення, дані про тверді та інші відходи, а також перелік планованих заходів, спрямованих на зниження навантаження на навколишнє середовище, з зазначенням термінів, обсягів витрат, питомих і загальних обсягів викидів шкідливих речовин до і після здійснення кожного заходу [31].

Контроль якості повітря населених пунктів проводиться відповідно до ГОСТ 17.2.3.01-86, що передбачає стаціонарний, маршрутний та пересувний пости спостереження за забрудненням атмосфери. Стаціонарний пост спостережень призначений для забезпечення безперервної реєстрації забруднювальних речовин (CO₂, CO, пилу тощо) і регулярних проб повітря для подальших аналізів.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ	Арк.
						94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маршрутний пост призначений для регулярного відбору проб повітря в декількох точках місцевості за тимчасовим графіком.

Розміщення стаціонарних і маршрутних постів повинне сприяти виявленню максимальних концентрацій забруднювальних речовин. Зазвичай пости розташовують концентричними колами у точках перетину з радіальними лініями, що показують сторони світу. У центрі кола повинне знаходитися джерело забруднення [31].

Контроль якості навколишнього середовища є основним завданням Міністерства екології та природних ресурсів України. Контроль за забрудненням атмосферного повітря необхідно здійснювати у великих містах та інших населених пунктах, де працюють великі промислові підприємства, існує інтенсивний рух автотранспорту тощо.

У великих містах України контроль за станом навколишнього природного середовища здійснюють автоматизовані системи якості атмосферного повітря і водоймищ. Наявність безперервної інформації про стан навколишнього середовища у цих містах дозволяє оперативно вживати необхідних заходів для усунення надмірних забруднень, зменшуючи викиди шкідливих промислових підприємств [31].

					<i>ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						95
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

По завершенню виконання дипломного проєкту було наведено джерела утворення стічних вод молокозаводу та охарактеризовано основні забрудники, якими є завислі речовини, що представляють собою органічні сполуки білкової природи.

В результаті аналізу літературних джерел було обрано двоступеневу анаеробно-аеробну технологію для біологічного очищення стічних вод молочних підприємств, яка дозволяє досягти допустимих показників для скиду очищених стічних вод у річку Рось.

Описано біохімічні процеси, що перебігають під час очищення за обраної технології, а саме процеси анаеробного та аеробного перетворення органічних речовин.

Здійснено розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод та виконано розрахунки очисних споруд. Згідно розрахунків прийнято типовий проєкт ТП 902-2-195 двохкоридорного двохсекційного аеротенка-витиснювача з глибиною 3,2 м, шириною коридорів 4,5 і загальним об'ємом 3110 м³. На підставі обраного типового проєкту було розроблено креслення споруди.

Було розроблено технологічну та апаратурну схеми на підставі обраної технології очищення стічних вод молокозаводу. Всі креслення було виконано у форматі А1.

Для забезпечення оптимальних умов праці було наведено заходи щодо охорони праці та запобіганню забруднення довкілля.

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Узлії В.І.					96	109
Конс.								
Керідн.		Козар М.Ю.				КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71		
Затверд.		.						

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вплив українських підприємств харчової галузі на довкілля. // ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ. – 2014. – С. 1–9.
2. Ушкаренко Ю. Особливості впливу підприємств харчової промисловості на навколишнє середовище / Юлія Ушкаренко. // Херсонський державний університет. – 2016. – №12. – С. 1–5.
3. Стан навколишнього природного середовища Київської області у жовтні 2020 року. Київська обласна державна адміністрація. Департамент екології та природних ресурсів.
4. Дятлова Т. В. Очистка сточных вод молокозаводов / Т. В. Дятлова, С. Г. Певнев, Т. Г. Федоровская. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – №2. – С. 12–15.
5. Благодарная Г. И. Анализ методов очистки высококонцентрированных сточных вод предприятий пищевой промышленности / Г. И. Благодарная, А. А. Шевченко. // Харьковская национальная академия городского хозяйства. – 2015. – С. 1–3.
6. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисциплін «Очистка побутових стічних вод» та «Споруди та обладнання водовідведення» (Модуль 2. Очистка стічних вод) (для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво» (спеціальність «Водопостачання та водовідведення») та 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»)/ Т. С. Айрапетян; Харк. нац. ун–т міськ. госп–ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 121 с
7. Cristian O. Characteristics of the untreated wastewater produced by food industry. An Univ Oradea Fasc Prot Med. 2010;15:709–14. Available from http://protmed.uoradea.ro/facultate/anale/protectia_mediului/2010/im/29.%20Onet%20Cristian%201.pdf

					<i>ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i>	<i>/літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Узлії В.І.</i>					97	109
<i>Конс.</i>								
<i>Керівн.</i>		<i>Козар М.Ю.</i>				<i>КПІ ім. Ізгоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71</i>		
<i>Затверд.</i>								

8. Саблій Л. А. Біотехнологія очищення стічних вод підприємств молочної промисловості / Л. А. Саблій, С. В. Кононцев. // Вісник УДУВГП. – 2003. – №2. – С. 142–150.
9. Britz JT, van Schalwyk C, Hung YT. Treatment of dairy processing wastewaters. In: Wang LK, Hung YT, Lo HH, Yapijakis C, editors. Waste treatment in the food processing industry. Boca Raton, FL, USA: CRC Press; 2006. pp.1–25
10. Публичное акционерное общество «ЖЛК – Украина» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурса: http://jlc-ukraine.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=40&Itemid=102.
11. Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: автореф. дис. д-ра техн. наук / Л.А. Саблій. – Київ, 2011. – 40 с
12. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод / Саблій Л. А.: Монографія. – Рівне: НУВГП, 2013. – 291 с
13. Karadag D, Köroğlu OE, Ozkaya B, Cakmakci M. A review on anaerobic biofilm reactors for the treatment of dairy industry wastewater. Process Biochem. 2015;50:262–71. 10.1016/j.procbio.2014.11.005
14. Nadais M., Capela M., Arroja L. Anaerobic treatment of milk processing wastewater. Handbook of environmental engineering, vol. 11. Environmental bioengineering. New York, NY, USA: Humana Press, Springer; 2010. pp. 555–618.
15. Саблій Л. А. Анаеробно-аеробне очищення висококонцентрованих стічних вод / Лариса Андріївна Саблій. // Науково-технічні вісті. – 2011. – №1. – С. 1–7.
16. Саблій Л. А. Технологія та обладнання для анаеробно-аеробного очищення стічних вод / Л. А. Саблій, М. В. Бляшина. // Міжнародна виставка-конференція WastECo. – 2012. – С. 1.
17. Постанова Кабінету Міністрів України; Правила від 25.03.1999 № 465 Про затвердження Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами.
18. Liu Y., Whitman W. B. Metabolic, phylogenetic, and ecological diversity of the methanogenic archaea // Annals of the New York Academy of Sciences. – 2008. – R. 1125. – №. 1 p. 171-189.).

					<i>ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Lyu Z., Shao N., Akinyemi T., Whitman W. B. Methanogenesis //Current Biology. – 2018. – R. 28. – № 13. – p. 727-732.
20. Whitman W. B., Bowen T. L., Boone D. R. The methanogenic bacteria // The Prokaryotes. – 2006. – R. 3. – № 9. – p. 165-207.
21. Shchegolkova N. M. Microbial Community Structure of Activated Sludge in Treatment Plants with Different Wastewater Compositions / N. M. Shchegolkova, G. S. Krasnov, A. A. Belova. // Frontiers in Microbiology. – 2016.
22. Сидорова Л. П. Очистка сточных и промышленных вод. Часть 2 Биохимическая очистка. Активный ил. Оборудование / Л. П. Сидорова, А. Н. Снигирева. – 2017. – С. 31–34, 41–56.
23. Биоценозы и биохимические процессы при анаэробной очистке [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://studref.com/466972/ekologiya/biotsenozy_biohimicheskie_protssesy_anaerobnoy_ochistke.
24. Основные биохимические процессы при аэробной очистке [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://studfile.net/preview/5865387/page/6/>.
25. ГОСТ Р 57568-2017. Гіпохлорит натрію. Технічні умови.
26. ДСТУ ГОСТ 30333:2009. Сульфат алюмінію очищений. Технічні умови.
27. Каналізація. Зовнішні мережі і споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5 – 75:2013. – Замість СНиП 2.04.03-85; чинний від 2014- 01-01. – К: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житловокомунального господарства України, 2012. – 207 с
28. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1981.-639 с.
29. Примеры расчетов канализационных сооружений: Учебное пособие для ВУЗов/Ю.М. Ласков, Ю.М. Воронов, В.И. Калицун. :- М., Стройиздат, 1987.- 255с.
30. Одарченко М. С. Основи охорони праці: підручник / М.С. Одарченко. – Х.: Издат,2017. – 334 с.
31. Канарский Ю. Екологія довкілля. Охорона природи / Ю. Канарский, Я. Бедрий, В. Грицик. // Кондор. – 2009. – С. 292.

					<i>ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ

Позиція	Позна- чення, марка	Найменування	Кіль- кість	Маса, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6
ПЗ-1		Повітрозабірник, висота труби 5 м.	1		Збірний
Ф-2	КдМ1000	Масляний фільтр попереднього очищенн. Ефективність 80%	1		Збірний
К-3	900 -31 - 2	Компресор повітряний. Продуктивність 5000 м³/год. Тиск на виході 0,163 МПа. Потужність електродвигуна 3500кВт.	1		Збірний
Д-4 Д-6 Д-10 Д-12	ДК-35	Об'ємно-ваговий дозатор для сипких речовин.	4	335	Збірний

					ЕКБ.БЕ7122.ДП.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Узлії В.І.				ДОДАТКИ			
Конс.								
Керіdn.	Козар М.Ю.							
Затверд.								
						Літ.	Арк.	Аркушів
							100	109
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ФБТ, БЕ-71		

Д-7 Д-24 Д-31 Д-34 Д-35	ДК-38	Об'ємний дозатор для рідких речовин.	5		Нержавіюча асталь 14Х19Н11Т
3-5 3-11 3-13	MS-16	Динамічний змішувач для створення градієнтного режиму елюювання. Робочий діапазон тиску 0...250 бар, максимальний тиск 300 бар, електроживлення, Використовується для приготування гіпохлориту натрію, флокулянту, гашеного вапна з метою гомогенізації розчину.	3		Сталь нержавіюча харчова и фторопласт

Р-8 Р-33	ВЕЕ	Реактор для приготування коагулянту, та для реагентного кондиціонування осаду, обладнаний турбінною мішалкою інтенсивністю обертів 240 об/хв. Об'єм 7 м³. Коефіцієнт заповнення 0,7.	2		Нержавіюч асталь 14Х19Н11Т
Р-14		Решітка. Швидкість потоку рідини 0,8 м/с. Кількість прозорів в решітці 21. Розмір прозорів 0,016 м	1		Збірний
Ж-15		Жировловлювач типу GR-5. Витрата – 5 л/с; діаметр – 1900 мм; висота – 1500 мм	1		Нержавіюч асталь 14Х19Н11Т
П-16	ТП 902-2-27	Пісковловлювач. Продуктивність 1000 - 10000 м³/добу.	1		Збірний
У-17	ГПИ-1	Багатоканальний усереднювач. Гідравлічна крупність частинок – 5 мм/с.	1		Нержавіюч асталь 14Х19Н11Т

В-21		Вертикальний відстійник. Діаметр 9м, висота циліндричної частини 3,0 м, конічної частини 5,1 м.	6		Залізобетон
Р-19	UASB	UASB-реактор. Навантаження по ХСК: від 9 до 13 кг м ³ / добу. Діапазон ХСК 1000 - 50000 мг / л Швидкість висхідного потоку 0,5-2 м / ч Модульна конструкція сепаратора дозволяє його розмістити в ємності будь-яких габаритів. Рівень води до 7 м. Збір газу в верхній частині реактора	1		Нержавіюча сталь 14Х19Н11Т
А-20		Двохсекційний 2-коридорний аеротенк-витиснювач. Ширина кожного коридору 4,5 м, довжина 54 м, робоча глибина 3,2 м загальний об'єм 3110 м ³	1		Збірний

Л-23		Лоток Паршаля, призначений для об'ємного вимірювання інтенсивності витрати в каналах з прямокутним перетином з гравітаційним стоком.	1		Збірний
КР-25		Контактний резервуар. Продуктивність 15 тис. м ³ /доб. Глибина 3 м, ширина 6 м та довжина 24 м	1		Нержавіюч асталь 14Х19Н11Т
Му-65 Му-32	МЗПІ	Мулоущільнювач вертикального типу для згущення осаду. Діаметр 4 м.	2		Нержавіюч асталь 14Х19Н11Т
АС-28	ТП 902-5- 15.86	Аеробний стабілізатор. Кількість секцій-2, довжина злини аерації- 40 м.	1		Нержавіюч асталь 14Х19Н11Т
КД-29		Камера дегельмінтизації	1		Нержавіюч асталь 14Х19Н11Т

ПО-30	RST-2	Камера для промивки осаду з висхідним потокком води. Тривалість 30 хв	1		Збірний
ВФ-36	БШУ-40-3- 10	Барабанний вакуум- фільтр. Продуктивність 25 кг/(м ² · год). Розрідження 0,05 МПа. Тривалість 4 хв. Вологість осаду 65%	1		Нержавіюч а сталь AISI 304
Г-38	ТП 707-2- 22с.86	Газгольдер мокрий сталевий місткістю 3000 куб. м з вертикальними направляючими і бічним введенням для зберігання газів під тиском до 4000 Па (400 мм водяного стовпа)	1		Покриття епоксидне полімерне згідно з ГОСТ 9.602-2005
К-40		Котельня для підготовки теплоносія- водяної пари.	1		Залізобетон
ММ-41		Аварійний муловий майданчик.	1		Збірний

ПМ-43		Пісковий майданчик.	1		Збірний
Н-9 Н-18 Н-22 Н-27 Н-37 Н-39 Н-42 Н-44	Salvatore Robuschi	Насос для транспортування рідини, відцентровий горизонтальний консольний одноступеневий з робочим колесом закритого типу. Напір: 0,58-0,45 МПа. Частота обертання: 48,3/2900 об/хв. Потужність: 17 кВт. Продуктивність 2200 м ³ /год	8		Збірний

КП-1.1 КП-2.1 КП-2.2 КП-3.1 КП-5.2 КП-17.3 КП-19.1 КП-38.1	МТТ 422.12	Манометр промисловий МТТ 422.12 Тензодатчик різниці тисків мікропроцесорний. Верхня межа вимірювання $\Delta P_{max} =$ 0,63 МПа; клас точності 0,25; $I_{вих} = 0...5$ (4...20) мА, похибка $\pm 0,5\%$. Виробник: ЗАТ «Манометр», м. Харків.	8	4,4 кг	Неірж. сталь 12Х18Н10Т
КП-5.1 КП-8.1 КП-11.1 КП-13.1 КП-14.1 КП-15.1 КП-16.1 КП-17.1	LCI- KL50KPF	Індуктивний вимірювач концентрації. Монтаж- польовий конструктивне виконання компактне. Температура навколишнього середовища $-5 \dots + 50^\circ$ С; діапазон вимірів $0 \dots$ $2000 \text{ mS} / \text{cm}$; Вихідний сигнал $0 (2) \dots 10 \text{ V}$ або $0 (4) \dots 20 \text{ mA}$; Максимальний тиск 10 бар; температура середовища $-10 \dots + 120$ $^\circ \text{C}$	8		Збірний

КП-17.2	pH-101П	pH-метр. Складається з датчика pH і двох функціональних блоків – блоку вхідних сигналів (БВС) і блоку управління і вихідних сигналів (БУВС). Діапазон вимірювання pH 0...14; діапазон робочих температур 0...120°C; похибка $\pm 0,01$.	1		
КП-19.3 КП-23.1 КП-25.1 КП-26.1 КП-33.1 КП-36.1	МАРК-1102.	Концентратомір МАРК-1102. Гальванічно розв'язані струмові виходи 0-5 / 4-20 / 0-20 мА	6		
КП-26.2 КП-28.1 КП-32.1	M-Sens 2	Мікрохвильовий вимірювач вологості сипучих матеріалів. Робочий тиск: 10 бар; потужність: 0,6 Вт; діапазон вимірювань: 0...85%	3	3,5 кг	Неірж. сталь 1.4571

Продовження додатка А

КП-19.2 КП-20.2 КП-29.1 КП-40.1	А-50	Біметалічний термометр. Клас точності 2. Номінальний розмір 80. Діапазон шкали - 30...200°C.	4		Неірж. сталь 1.4571
КП-38.2	343-00057	Газоаналізатор промисловий. Робоча температура:-5...+45°C; Максимальна кількість сенсорів:6 (+ змінні сенсори)	1	4800г	Збірний
КП-19.4 КП-19.6 КП-19.5 КП-20.1 КП-20.3 КП-21.1 КП-21.2 КП-21.3		Перевірка концентрації завислих речовин, БСК та ХСК здійснюється у лабораторії.			