

**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
(підпис)

«___» _____ 2021р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою «Біотехнології»

спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»

на тему: «Очищення стічних вод міста Луцьк з використанням біологічних процесів денітрифікації та нітрифікації»

Виконала:

студентка IV курсу, групи БЕ-71

Симоненко Тетяна Павлівна _____

Керівник:

проф., д.т.н.

Саблій Лариса Андріївна _____

Рецензент:

ст. викл. кафедри промислової біотехнології, к.б.н.

Ліновицька Віта Михайлівна. _____

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

Студентка _____

Київ – 2021 року

**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
Симоненко Тетяні Павлівні**

1. Тема проєкту «Очищення стічних вод міста Луцьк з використанням біологічних процесів денітрифікації та нітрифікації»
керівник проєкту Саблій Лариса Андріївна, д.т.н., проф.,
затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту: витрата стічних вод – 48 200 м³/добу;
характеристика стічних вод: $C_{ЗР} = 324,6$ мг/дм³; $БСК_5 = 269,7$ мг/дм³; $БСК_{повн} = 374,5$ мг/дм³; $ХСК = 434,5$ мг/дм³; $C_{N_{заг.}} = 54,9$ мг/дм³; $C_{N-NH_4^+} = 40,0$ мг/дм³; $C_{P_{заг.}} = 9,0$ мг/дм³; $C_{P-PO_4^{3-}} = 7,2$ мг/дм³; $C_{Cl^-} = 44,9$ мг/дм³; $C_{ПАР} = 12,5$ мг/дм³; споруда біологічного очищення – аеротенк-витиснювач із зонами денітрифікації і нітрифікації.

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ, 1. Характеристика стічних вод, біологічного агента. Обґрунтування технології, 1.1. Характеристика стічних вод міста Луцька, 1.2. Аналіз методів і технологій біологічного видалення сполук азоту зі стічних вод, 1.3. Обґрунтування технології біологічного очищення стічних вод міста Луцьк з глибоким видаленням сполук азоту, 1.4.

Характеристика біологічного агента, 1.4.1. Видова структура активного мулу, 1.4.2. Морфологічна та трофічна організація активного мулу, 2. Біохімічні основи технологічного процесу, 2.1. Схема перебігу біохімічних процесу, 2.1.1. Біохімічні перетворення у денітрифікаторі, 2.1.2. Біохімічні перетворення у нітрифікаторі, 2.2. Характеристика кінцевого продукту, 3. Технологія очищення стічних вод міста Луцьк, 3.2. Сировина та матеріали, що використовуються у технологічному процесі, 3.2. Опис технологічної схеми очищення стічних вод міста Луцьк, 3.3. Контроль технологічного процесу очищення стічних вод, 3.4 Матеріальний баланс технологічного процесу, 4. Вибір і характеристика обладнання для біологічного очищення міських стічних вод, 4.1. Визначення розрахункових витрат міських стічних вод, 4.2. Вибір, характеристика, розрахунок споруд біологічного очищення стічних вод., 4.2.1. Розрахунок первинних відстійників, 4.2.2. Розрахунок аеротенка з зонами денітрифікації і нітрифікації та вторинних відстійників, 5. Охорона праці та охорона довкілля, 5.1. Охорона навколишнього середовища, 5.2. Охорона праці, Висновки, Список використаної літератури, Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема (А1), апаратурна схема (А1), аеротенк-витиснювач із зонами денітрифікації і нітрифікації (А1).

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	12.04-19.04	
2	Визначення характеристики стічних вод міста Луцьк. Вивчення технологій очищення стічних вод з глибоким видаленням сполук азоту. Обґрунтування технології біологічного очищення стічних вод міста Луцьк з глибоким видаленням сполук азоту. Визначення характеристики біологічного агента	20.04-26.04	
3	Вивчення біохімічних процесів, які лежать в основі технологічного процесу, наведення характеристики очищеної стічної води	27.04-3.05	
	Проведення розрахунків первинних відстійників, аеротенка-витиснювача із зонами денітрифікації і нітрифікації, вторинних відстійників	4.05-10.05	
4	Наведення опису технологічного процесу, визначення параметрів контролю, характеристики сировини і напівпродуктів, складання матеріального балансу	11.05-17.05	
5	Наведення вимог щодо охорони праці і довкілля	17.05-18.05	
6	Виконання креслень технологічної та апаратурної схем, аеротенка-витиснювача із зонами денітрифікації і нітрифікації	19.05-24.05	
7	Оформлення пояснювальної записки	25.05-28.05	

Студент _____ Тетяна СИМОНЕНКО
(підпис)

Керівник проекту _____ Лариса САБЛІЙ

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт складається з 113 сторінок пояснювальної записки та 3 аркушів креслень А1. Пояснювальна записка включає вступ, 5 розділів, до яких входять 9 таблиць і 9 рисунків, висновки, 36 посилань на літературу та 1 додаток.

Метою дипломного проєкту є вибір та проєктування технології біологічного очищення стічних вод міста Луцьк з глибоким видаленням сполук азоту із забезпеченням нормативних концентрацій цих сполук при скиді в річку Стир.

В проєкті були визначені джерела утворення, витрати, склад і властивості стічних вод міста Луцьк; обґрунтована та обрана технологія біологічного очищення даних стічних вод з глибоким видаленням сполук азоту; описані біохімічні процеси денітрифікації і нітрифікації та біологічний агент; визначені склад і властивості очищеної стічної води; накреслені технологічна і апаратурна схеми біологічного очищення стічних вод; наведені описи сировини і матеріалів, перебігу технологічних процесів, методів контролю; розрахований матеріальний баланс; розраховані і прийняті типові конструктивні рішення первинних і вторинних відстійників, аеротенка із зонами денітрифікації і нітрифікації, для якого розроблене креслення загального виду; розглянуті способи утилізації відходів технологічного процесу та вимоги до охорони праці.

МІСЬКІ СТІЧНІ ВОДИ, БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ, ДООЧИЩЕННЯ ВІД АЗОТУ, ДЕНІТРИФІКАЦІЯ, НІТРИФІКАЦІЯ, А/О-ПРОЦЕС, АЕРОТЕНК, АКТИВНИЙ МУЛ, АМОНІЙ, НІТРАТИ, НІТРИТИ.

SUMMARY

The diploma project consists of 113 pages of explanatory note and 3 sheets of drawings A1. The explanatory note consists of an introduction, 5 sections, which include 9 tables and 9 figures, conclusions, 36 references and 1 appendix.

The purpose of the diploma project is to choose and design the technology of biological wastewater treatment of Lutsk with enhanced nitrogen removal, which ensures the reaching of regulatory concentrations of nitrogen compounds for discharge into the river Styr.

In this project the sources of formation, rates, composition and properties of Lutsk wastewater are identified; the technology of biological wastewater treatment with enhanced nitrogen removal is selected; the biochemical processes of denitrification and nitrification and biological agent are described; the composition and properties of treated wastewater are determined; drawings of technological and equipment schemes of biological wastewater treatment are provided; descriptions of raw materials, the course of technological processes, control methods are given; material balance is calculated; calculated and adopted standard design solutions for primary and secondary settling tanks, aeration tank with denitrification and nitrification zones, for which a general drawing is developed; methods of utilization of technological process waste and labor protection requirements are considered.

URBAN WASTEWATER, BIOLOGICAL TREATMENT, ENHANCED NITROGEN REMOVAL, DENITRIFICATION, NITRIFICATION, A/O-PROCESS, AERATION TANK, ACTIVE SLUDGE, AMMONIUM, NITRATE, NITRITE.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ	11
1.1. Характеристика стічних вод міста Луцька	11
1.2. Аналіз методів і технологій біологічного видалення сполук азоту зі стічних вод	15
1.3. Обґрунтування технології біологічного очищення стічних вод міста Луцьк з глибоким видаленням сполук азоту	24
1.4. Характеристика біологічного агента	27
1.4.1. Видова структура активного мулу	27
1.4.2. Морфологічна та трофічна організація активного мулу	33
2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	39
2.1. Схема перебігу біохімічних процесів	39
2.1.1. Біохімічні перетворення у денітрифікаторі	42
2.1.2. Біохімічні перетворення у нітрифікаторі	43
2.2. Характеристика кінцевого продукту	45
3. ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МІСТА ЛУЦЬК	47
3.2. Сировина та матеріали, що використовуються у технологічному процесі	47
3.2. Опис технологічної схеми очищення стічних вод міста Луцьк	49
3.3. Контроль технологічного процесу очищення стічних вод	65
3.4 Матеріальний баланс технологічного процесу	72

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ																				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ																				
Розроб.	Симоненко Т.П.																								
Перевір.	Саблій Л.А.																								
Реценз.																									
Н. Контр.																									
Затверд.	Саблій Л.А.				<table><tr><td colspan="2">Літ.</td><td colspan="2">Арк.</td><td colspan="3">Акрушіл</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">7</td><td colspan="3">2</td></tr></table> КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ БЕ-71							Літ.		Арк.		Акрушіл					7		2		
Літ.		Арк.		Акрушіл																					
		7		2																					

4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД	74
4.1. Визначення розрахункових витрат міських стічних вод	74
4.2. Вибір, характеристика, розрахунок споруд біологічного очищення стічних вод	75
4.2.1. Розрахунок первинних відстійників	75
4.2.2. Розрахунки аеротенка з зонами денітрифікації і нітрифікації та вторинних відстійників	79
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ	93
5.1. Охорона навколишнього середовища	93
5.2. Охорона праці	94
ВИСНОВКИ	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	99
ДОДАТКИ	104

ВСТУП

У вступі до стратегії державної екологічної політики України на період до 2030 року наголошується на тому, що Україна є однією з найменш водозабезпечених країн Європи, і при цьому водокористування здійснюється переважно нераціонально. Серед основних речовин, які призводять до забруднення і погіршення екологічного стану річкових басейнів і прибережних вод морів, на другому, після важких металів, місці зазначені сполуки азоту. Одним із завдань стратегії є покращення якості води та управління водними ресурсами і повне поступове припинення скидання у водні об'єкти неочищених та недостатньо очищених стічних вод [1].

Водовідведення міста Луцька забезпечується комунальним підприємством «Луцькводоканал», яке має розташовані в селі Липляни каналізаційні очисні споруди (КОС) повного циклу механічного і біологічного очищення з наступним випуском очищеної води до річки Стир. Комплекс очисних споруд будувався у три етапи з 1971 по 1979 рік. На сьогоднішній час споруди внаслідок тривалої експлуатації є фізично зношеними і потребують модернізації та реконструкції [2]. Застарілість як споруд, так і технології очищення стічних вод на КОС призводить до того, що КП «Луцькводоканал» зазначається як один з найбільших забруднювачів водних об'єктів Волинської області. В липні 2020 року було повідомлено про проведення масштабної реконструкції КОС за фінансової підтримки Європейського інвестиційного банку. Наразі проводиться розробка проєктів з фокусуванням на ділянках обробки осадів та доочищення. Зважаючи на повідомлення про випадки високого забруднення вод Стиру у створі нижче КОС амонійним та нітратним азотом – 12,5 ГДК і 17 ГДК, відповідно, та збільшення загального забруднення неорганічними сполуками азоту,

					<i>ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ВСТУП</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Симоненко Т.П.</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Садлій Л.А.</i>					9	3
<i>Реценз.</i>						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ, БЕ-71</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Садлій Л.А.</i>						

що призводить до активного цвітіння води у літній період, в проєкті реконструкції необхідно впровадити сучасну технологію ефективного біологічного очищення стічних вод від сполук азоту [3, 4].

Отже, метою даного проєкту є вибір та проєктування технології біологічного очищення стічних вод міста Луцьк з глибоким видаленням сполук азоту із забезпеченням нормативних концентрацій цих сполук при скиді в річку Стир.

Завдання проєкту наступні:

1. визначити джерела утворення, витрати, склад і властивості стічних вод міста Луцьк, види забруднень і можливість і ефективність біологічного очищення;
2. на основі аналізу літературних джерел щодо методів та технологій біологічного видалення сполук азоту обґрунтувати та обрати найбільш раціональну технологію для очищення стічних вод міста Луцьк;
3. визначити властивості активного мулу як біологічного агента та оптимальні умови для його розвитку - в умовах низької концентрації кисню у воді (денітрифікація) та аеробних умовах (нітрифікація) для забезпечення ефективного видалення сполук азоту з міських стічних вод;
4. виконати теоретичні дослідження біохімічних процесів, які лежать в основі обраної технології очищення міських стічних вод від сполук азоту та інших забруднюючих речовин;
5. визначити склад і властивості очищеної води, її відповідність вимогам скиду у річку Стир;
6. намалювати технологічну і апаратурну схеми біологічного очищення стічних вод, навести описи сировини і матеріалів, перебігу технологічних процесів, методів контролю та розрахувати матеріальний баланс;
7. виконати розрахунки очисних споруд для біологічного очищення

					<i>ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- міських стічних вод, прийняти типові конструктивні рішення;
8. накреслити аеротенк із зонами денітрифікації і нітрифікації, підібрати допоміжне обладнання: мішалки і повітрорудки;
 9. розглянути способи безпечної утилізації відходів технологічного процесу з унеможливленням їх шкідливого впливу на навколишнє середовище;
 10. розглянути вимоги до охорони праці при обслуговуванні та проведенні технологічних процесів.

Дипломний проєкт виконано на замовлення проєктної організації «ОСТВА». Результати дипломного проєктування будуть використані проєктною організацією в робочому проєкті очисних споруд водовідведення міських стічних вод.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТИЧНИХ ВОД, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

1.1. Характеристика стічних вод міста Луцька

Послугами КП «Луцькводоканал» користується 205 146 жителів м. Луцька та 16 навколишніх сіл Луцького та Ківерцівського районів. Загальна кількість проживаючих – 240,7 тис. осіб. Збір стічних вод здійснюється за допомогою розгалуженої каналізаційної мережі загальною протяжністю 221,4 км і каналізаційними насосними станціями в кількості 20 шт. Збір стічної води здійснюється за неповної роздільною системою, при якій на КОС подаються побутові та атмосферні стоки. При сильних опадах основна маса атмосферних стоків скидається через спеціальні випуски до водойми без очищення.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ							
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	1.ХАРАКТЕРИСТИКА СТИЧНИХ ВОД, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ			Літ.	Арк.	Акрушіть		
Розроб.	Симоненко Т.П.									11	28	
Перевір.	Садлій Л.А.							КПІ ім. Ізгоря Сікорського ФБТ БЕ-71				
Реценз.												
Н. Контр.												
Затверд.	Садлій Л.А.											

З опадами з вулиць до каналізації виноситься, головним чином, пісок, ґрунт та невелика кількість нафтопродуктів. Середньодобове перекачування стічних вод на КОС для їх очищення складає 48,2 тис. м³/добу [5].

Більша частина стічних вод, які надходять на очисні споруди, належить до господарсько-побутових, що визначає їх властивості і хімічний склад, наведений у таблиці 1.1. Склад міських стічних вод відносно постійний.

Для стоків характерне нейтральне або слабколужне рН (7,2-7,4) та постійна помірна температура (близько 15-20°C).

Стічні води містять забруднення органічного і мінерального походження, які знаходяться у розчинному, нерозчинному та колоїдному станах.

Таблиця 1.1 – Показники стічних вод, що надходять на КОС

Показник	Величина, мг/дм³
Завислі речовини	324,6
БСК ₅ (біохімічне споживання кисню за 5 діб)	269,7
БСК _{повн} (повне біохімічне споживання кисню)	374,5
ХСК (хімічне споживання кисню)	434,5
Азот загальний	54,9
Азот амонійний	40,0
Фосфор загальний	9,0
Фосфор фосфатів	7,2
Хлориди	44,9
ПАР (поверхнево-активні речовини)	12,5

Показник завислих речовин вказує на частину нерозчинних забруднень, які затримуються при фільтруванні проби води крізь паперовий фільтр. Нерозчинні домішки, що включають в себе частинки піску, склобою, волокна, органічні залишки різного походження, осаджуються при повільному русі або відстоюванні стічної води. Осад містить 80-99% вологи і швидко загниває.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Показники БСК та ХСК характеризують вміст окиснюваної органіки. Органічні речовини стічних вод можна розділити на безазотисті та азотисті.

Основна частина безазотистої органіки представлена вуглеводами та жирами, азотистої – сечовиною, білками і амінокислотами. З вуглеводів у стічних водах найбільшу кількість складають такі моносахариди як глюкоза та лактоза, дисахарид – сахароза, полісахариди – крохмаль і целюлоза. Низькомолекулярні вуглеводи розчинні у воді, тоді як полісахариди знаходяться у складі зависі. Так, целюлоза складає значну частину твердої фази побутових стічних вод. За аноксидних та анаеробних умов сахариди та продукти їх гідролізу зброджуються мікроорганізмами, що присутні у стічних водах, до органічних кислот (оцтової, молочної, пропіонової, глюконової тощо), спиртів (етилового, бутилового тощо) і кетонів (ацетону тощо). Жири, естери гліцерину і вищих карбонових кислот (олеїнової, пальмітинової, стеаринової та ін.) нерозчинні у воді і при відстоюванні спливають на її поверхню. Разом з ПАР, які постійно присутні у господарсько-побутових стічних водах, утворюють стійкі емульсії. Жири гідролізуються ферментами з утворенням гліцерину і відповідних карбонових кислот. Білки у стічних водах можуть знаходитися у вигляді частинок колоїдів або у нерозчинному вигляді – денатуровані або фібрилярні білки.

Показник загального азоту включає в себе мінеральний і зв'язаний з органічними сполуками (білками, амінокислотами та нуклеотидами) азот. Велика частка амонійного азоту вказує на переважну зосередженість азоту стічних вод у вигляді вільного амонію – продукту розпаду сечовини і амінокислот. Загальний фосфор включає іони ортофосфатів, що зазвичай присутні у живій матерії, та фосфор у складі органічних молекул (нуклеїнових кислот, фосфосахаридів, ПАР та ін.).

Скид стічної води з високим вмістом органіки у водойму призводить до надмірного розвитку гетеротрофного планктону, який швидко споживає кисень і, як наслідок, до порушення кисневого режиму водойми, утворення

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

анаеробних зон і пригнічення місцевої вищої флори і фауни продуктами гниття [6].

Синтетичні ПАР широко застосовуються у побуті як мийні засоби, в яких вони складають близько 15%. У господарсько-побутових стічних водах порівняно невелика концентрація ПАР, проте при цьому все одно спостерігається активне спінювання води при аерації та перемішуванні. Залежно від особливостей будови ПАР – довжини, розгалуженості та будови радикалів гідрофобного вуглецевого ланцюга, типу полярної групи (іоногенні фосфо-, сульфо-, аміногрупи, неіоногенні гідроксогрупи) – різниться ступінь та швидкість їх біологічного розкладу. Крім синтетичних ПАР із миючих засобів, у стічних водах можуть накопичуватися природні ПАР – фосфоліпіди, високомолекулярні карбонові кислоти та ін. Негативний вплив ПАР на водойми зумовлює здатність сорбуватися з розчину на межі поділу гідрофільної і гідрофобної фаз і змінювати проникність мембран, що порушує процеси метаболізму мікроорганізмів і дихання риб [7, 8].

Представники мікроорганізмів, які присутні у господарсько-побутових стічних водах у великій кількості, належать до типової мікробіоти організму людини та тварин (в основному бактерії групи кишкової палички), також зустрічаються поширені у навколишньому середовищі бактерії-зброджувачі, найпростіші, що мешкають у високо-забруднених водоймах, водні гриби, патогенні мікроорганізми і віруси. Присутні життєздатні яйця гельмінтів. Загальна кількість мікроорганізмів у 1 мл стічних вод становить десятки мільйонів, тому неочищені господарсько-побутові стоки небезпечні з точки зору санітарного та епідеміологічного стану [6].

Значення ХСК стічної води завжди більше за БСК, оскільки у стічній воді присутні компоненти, які важко або повільно окиснюються мікроорганізмами при біологічному очищенні, наприклад синтетичні ПАР, целюлоза, лігнін, нафопродукти тощо. Придатність стічної води до ефективного біологічного очищення визначається співвідношенням

					<i>ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ХСК/БСК, яке повинно бути не більше 2,5. Для стічних вод, що розглядаються у даному проєкті, характерне збереження оптимального для біологічної обробки $\text{ХСК/БСК} = 1,2$. Рекомендований вміст біогенних елементів для ефективного аеробного очищення стоків – не менше 5 мг/дм^3 азоту і 1 мг/дм^3 фосфору на кожні $100 \text{ мг/дм}^3 \text{ БСК}_{\text{повн}}$; для анаеробного – те саме на кожні $250 \text{ мг/дм}^3 \text{ БСК}_{\text{повн}}$ [9, 10]. Співвідношення $\text{БСК}_{\text{повн}}$, загального азоту і загального фосфору стоків міста Луцька становить 100:15:2, тобто відсутня нестача біогенних елементів для розвитку активного мулу. Проте при врахуванні таких факторів, як вік мулу, ефективність утилізації органічних речовин та фактичний коефіцієнт приросту біомаси, може виявитися, що біогенні речовини у даних стоках знаходяться у великому надлишку і значна їх частина не буде конвертована у біомасу активного мулу, а залишиться у воді після очищення традиційними біологічними методами [10]. Це підтверджує необхідність використання спеціальної технології для очищення досліджуваних стічних вод від біогенних речовин, зокрема азоту.

1.2. Аналіз методів і технологій біологічного видалення сполук азоту зі стічних вод

Згідно з Правилами охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами стічні води населених пунктів перед скиданням у водні об'єкти повинні бути очищеними до встановлених нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин.

Органічні забруднення господарсько-побутових стічних вод видаляються біологічними методами у аеробних або анаеробних процесах. При кількості жителів, які обслуговуються КОС, більше 500 необхідно передбачати в проєкті біологічне очищення від сполук азоту [9].

Біологічне очищення стічної води ґрунтується на використанні активного мулу – специфічної спільноти мікроорганізмів, в процесі

					<i>ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

життєдіяльності якої відбувається адсорбція і ферментативний розклад органічних речовин, а також перетворення органічних і мінеральних речовин у біомасу або різноманітні метаболіти [6]. Сполуки азоту видаляються зі стічних вод, головним чином, в результаті залучення вивільненого при розкладі білків амонію у синтез мікробних клітин та процесів нітрифікації і денітрифікації, що пов'язані з енергетичним метаболізмом. При мінералізації переважної кількості органічного субстрату, деякі групи бактерій активного мулу здатні переходити на автотрофний тип живлення, при чому енергію для синтезу органічних речовин з вуглекислого газу вони отримують шляхом окиснення аміаку поступово до нітритів і нітратів. Описаний процес нітрифікації проходить в аеробних умовах і за низьких значень БСК. Денітрифікація передбачає відновлення нітратів та нітритів до молекулярного азоту за низької концентрації кисню, або в аноксидних умовах. При цьому бактерії-денітрифікатори використовують атоми азоту нітратів і нітритів як окисник органічних речовин. Оскільки такий тип метаболізму має порівняно нижчу енергетичну ефективність, денітрифікатори потребують велику кількість легкоокиснюваної органіки для нарощування біомаси, що в свою чергу пов'язано зі збільшенням швидкості та інтенсивності видалення нітритів і нітратів з очищуваної води [11].

При розробці технології біологічного видалення азоту рекомендовано максимально ефективно використовувати органічні забруднення стічних вод як субстрат для денітрифікуючих організмів.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Технологічні схеми біологічного видалення сполук азоту, які рекомендовано використовувати ДБН В.2.5-75:2013, наступні:

1. Послідовно розміщені денітрифікатор і нітрифікатор з рециклом активного мулу з вторинного відстійника та мулової суміші з нітрифікатора на початок денітрифікатора.
2. Ступінчаста нітрифікація-денітрифікація з двома або більше нітрифікаторами, перед якими розміщені денітрифікатори.
3. Паралельна нітрифікація-денітрифікація у циркуляційно-окиснюваних каналах або аеротенках-відстійниках підвищеної гідравлічної висоти із розділенням аеробної та аноксидної зон.
4. Чергування нітрифікації і денітрифікації у часі шляхом переривчастої подачі повітря в аеротенку або у реакторах циклічної дії [9].

Для використання на міських КОС великої продуктивності підходять технологічні рушення 1 і 2 (рисунок 1.1) із чергуванням аноксидних та аеробних зон в аеротенку, під які виділені його окремі коридори або їх частини.

Схема 1, відома як модифікація процесу Людзака-Етінгера, або А/О процес (анокс/окс process), є простішою ніж схема 2, відома як чотириступеневий процес Bardenpho, тому що не потребує розподілу стічної води як субстрату між першим і наступними денітрифікаторами або додавання легкоокиснюваного субстрату у наступні денітрифікатори для розвитку денітрифікуючих бактерій.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

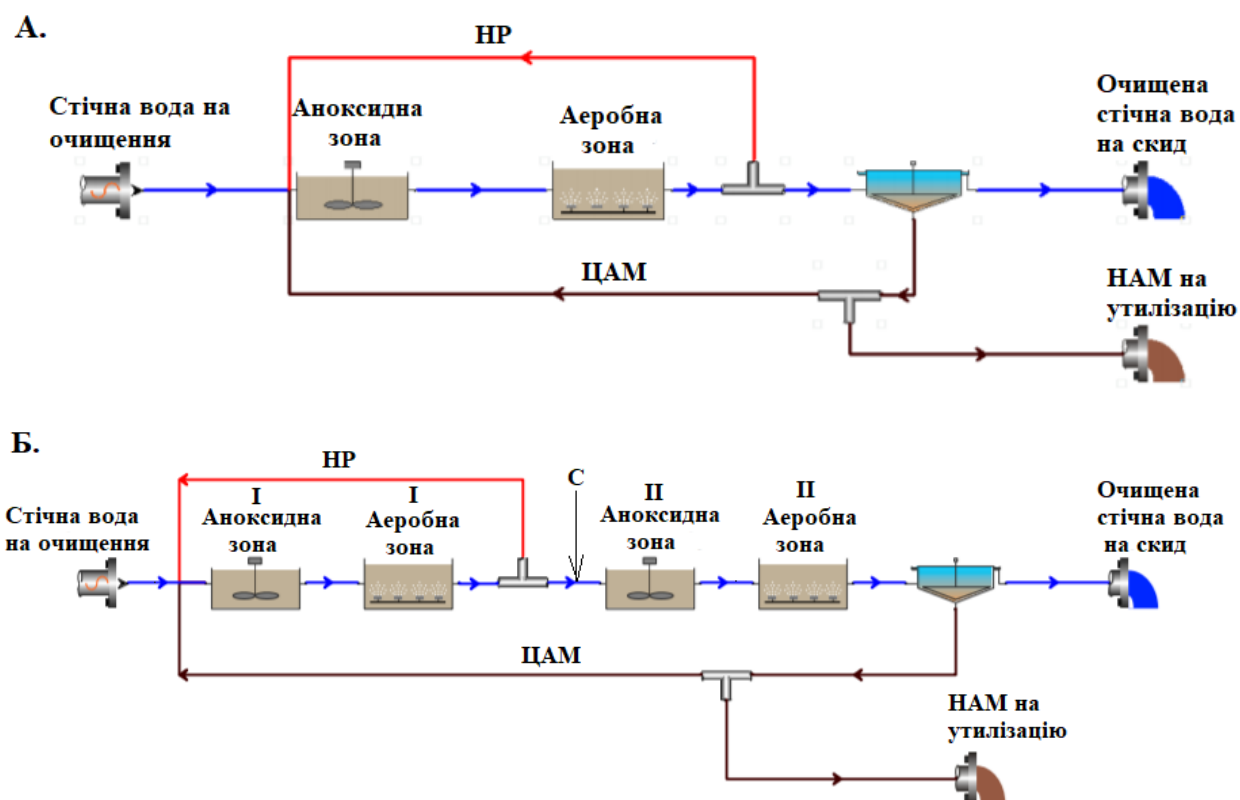


Рисунок 1.1 – Схема процесів біологічного видалення сполук азоту зі стоків:

А – А/О процес, Б – чотириступеневий процес Bardenpho; НР – нітратний рецикл, ЦАМ – циркуляційний активний мул, НАМ – надлишковий активний мул, С – субстрат (метанол або стічні води)

При правильній організації процесу у чотириступеновому Bardenpho можна досягти повнішого видалення нітратів та скоротити об'єм нітратного рециклу з першого нітрифікатора. Проте при постійних добових коливаннях витрати води можлива нестабільність процесу і винос забруднень зі стічною водою на виході з аеротенка [12]. Також при проходженні через більшу кількість зон з різними умовами змінюється видовий склад мікроорганізмів, що має певне навантаження на активний мул. Розвиток і формування усталеної спільноти бажаних груп мікроорганізмів – нітрифікаторів або денітрифікаторів – для ефективного видалення сполук азоту потребує певного часу, що вирішується за допомогою збільшення протяжності аноксидної або

аеробної зони або встановлення у коридорах аеротенка нерухомого завантаження для формування біоплівки зі специфічними організмами [11].

Нерухоме завантаження у коридорах аеротенка дозволяє збільшити концентрацію специфічного активного мулу, який пристосований до створених у відповідних зонах умов, і підтримувати необхідну велику величину віку мулу, оскільки і денітрифікатори, і нітрифікатори ростуть повільно. Інтенсивність масообміну в біоплівці є нижчою ніж у завислих дрібних пластівцях активного мулу і для досліджуваних стічних вод, які мають порівняно велике значення БСК_{повн} – 374,5 мг/дм³, доцільність використання біоплівки на завантаженні має бути перевірена експериментально. Крім цього, використання завантаження передбачає додаткові капіталовкладення та необхідність вирішення таких технічних проблем як вибір типу завантаження, який має сприяти наростанню біоплівки і бути механічно стійким, переміщення стічної води при збільшенні гідравлічного опору, уникнення забиття просвітів завантаження та багато інших.

Використання декількох блоків денітрифікатор-нітрифікатор, що чергуються, ефективно на КОС великої продуктивності, більше 100 тис. м³/добу, де можна забезпечити необхідну тривалість акліматизації мулу по ходу руху води коридорами аеротенка [11]. Отже для видалення сполук азоту на КОС міста Луцька із середньою продуктивністю (48,2 тис. м³/добу) доцільнішим є А/О процес.

Біологічне видалення азоту часто поєднують з біологічним видаленням фосфору. Частина фосфору стічних вод акумулюється у біомасі активного мулу традиційних аеротенків, проте концентрація загального фосфору у очищеній воді зменшується лише на 25-30%, чого зазвичай недостатньо для досягнення нормованої для скиду концентрації. Для підвищеного рівня видалення фосфору пропонується залучати фосфатакумулюючі мікроорганізми (ФАМ). Накопичення фосфору у вигляді поліфосфатів всередині клітин цих мікроорганізмів пов'язане з енергетичним метаболізмом:

					<i>ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

в анаеробних умовах енергія зв'язків поліфосфатів використовується для синтезу полігідроксиалканоатів з летких жирних кислот, а у аеробних умовах синтезовані полігідроксиалканоати гідролізуються з отриманням енергії на синтез поліфосфатних ланцюгів, при чому акумулюється поліфосфатів більше, ніж було вивільнено у анаеробній фазі. Технологічні схеми, приклади яких наведені на рисунку 1.2, передбачають створення анаеробних та аеробних умов, що чергуються, у поєднанні з аноксидними зонами. Основною проблемою, яку намагаються вирішити при вдосконаленні та ускладненні існуючих схем, є захист анаеробної зони від розчиненого кисню та інших окисників, включаючи нітрати і нітрити, при забезпеченні максимальної кількості гідролізованої до летких жирних кислот органіки для повільно ростучих ФАМ [11, 12].

Ефективність видалення сполук фосфору у технологічних процесах, які залучають ФАМ, зростає до 60-70% [11]. Проте для раціональності впровадження такої технологічної схеми необхідно передбачувати особливості наступних процесів утилізації багатого на фосфор надлишкового активного мулу. При анаеробному зброджуванні накопичені у клітинах ФАМ поліфосфати вивільнюються у вигляді фосфатів у рідку фазу, а при аеробній стабілізації близько 40% мулу мінералізується також з вивільненням фосфатів. При подачі мулової води від цих процесів у голову очисних споруд фосфати будуть повертатися до стічної води, зменшуючи загальну ефективність видалення фосфору.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

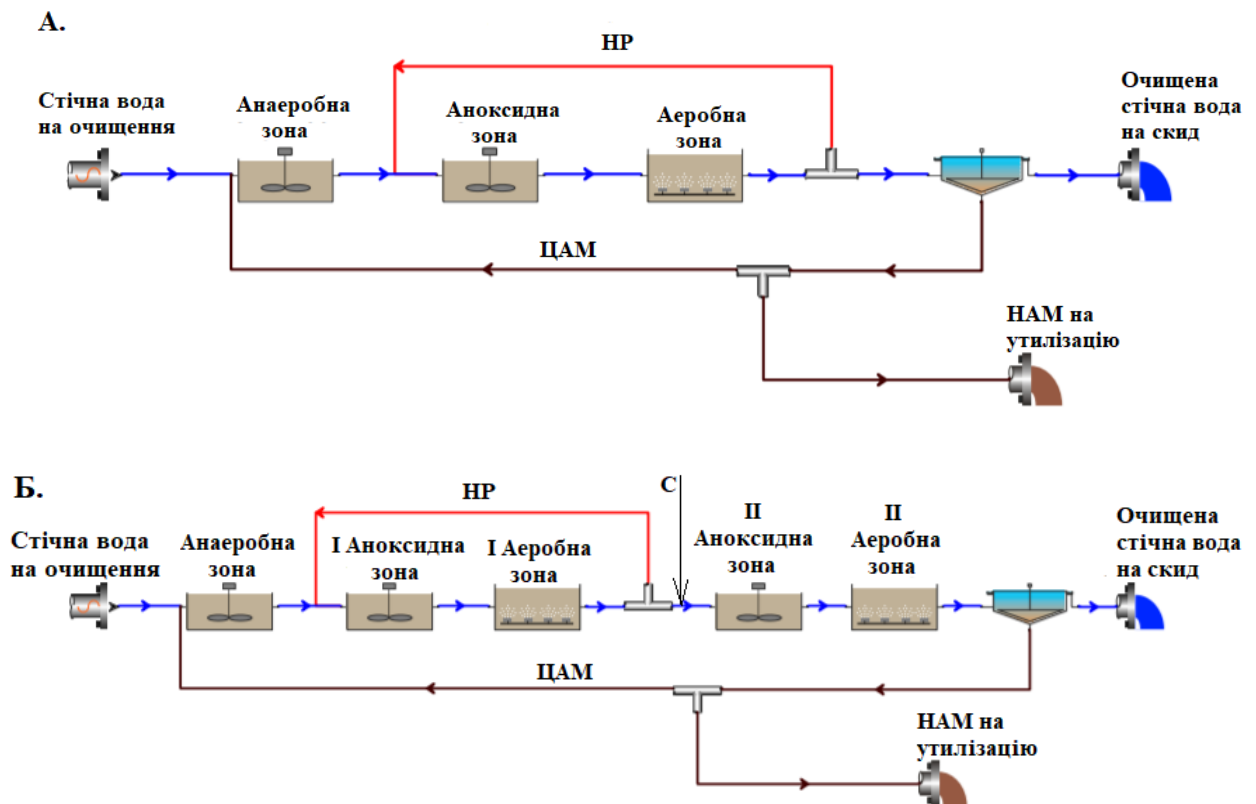


Рисунок 1.2 – Схематичне зображення процесів біологічного очищення стоків від сполук азоту і фосфору:

А – A_2/O (anaerobic-anoxic-oxic), Б – п'ятиступенева модифікація Bardenpho; НР – нітратний рецикл, ЦАМ – циркуляційний активний мул, НАМ – надлишковий активний мул, С – субстрат (метанол або стічні води); для захисту анаеробної зони від розчиненого кисню можливе розміщення анаеробної зони після аноксидної і перед аеробною.

Альтернативним біологічним способом видалення фосфатів зі стічних вод є доочищення у біологічних ставках з вищою водною рослинністю (ВВР). ВВР поглинають з очищеної води залишкові фосфати, а також мінеральні сполуки азоту, які необхідні їм для росту. Ефективність видалення фосфатів з модельної установки, яка імітувала біологічний ставок, за допомогою ряски *Lemna minor*, за даними дослідження [15], складала 72-80% залежно від питомої маси рослин на одиницю площі при початковій концентрації фосфатів 10 мг/дм^3 і тривалості очищення 8 діб. Початкова концентрація фосфатів

відповідає концентрації фосфатів у біологічно очищеній стічній воді за технологією без використання ФАМ. Збір біомаси ВВР відносно легко здійснюється за допомогою розроблених механізованих засобів. Зібрану ВВР можна утилізувати шляхом компостування з отриманням органічного добрива [14, 15].

В таблиці 1.2 наведені значення концентрацій загального азоту і загального фосфору у очищених стоках, які отримують на практиці при використанні традиційної та наведених технологій з глибоким видаленням сполук азоту. Як видно, використання процесів нітрифікації і денітрифікації забезпечує в 2-5 разів більший ступінь видалення сполук азоту порівняно з очищенням у аеротенках з постійною аерацією. В поєднанні зі скороченням витрат на підготовку аераційного повітря та роботу повітродувки внаслідок виділення аноксидної зони без аерації, перехід до технології з посиленням видалення сполук азоту є безсумнівно раціональним рішенням. Проблеми використання багатоступеневих процесів Bardenpho, які загалом показують вищу ефективність, для очищення стічних вод міста Луцька наведені вище.

Таблиця 1.2 Середні концентрації біогенних речовин, які можна досягнути в результаті різних технологій біологічного очищення стічних вод [16]

Процес	Загальний азот, мг/дм ³	Загальний фосфор, мг/дм ³
Біологічне очищення в аеротенку	15-35	4-10
А/О	6-10	4-10
4-ступеневий Bardenpho	3	4-10
А ₂ /О	6-10	1-2
5-ступеневий Bardenpho	3-5	0,5-2

У таблиці 1.3 представлені дані щодо концентрацій різних форм азоту у

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

стічних водах, що оброблялися на Люберецькій станції аерації (220 тис. м³/добу) та Ново-Люберецьких очисних спорудах (484 тис. м³/добу) у Росії, на яких були введені процеси А/О і 4-ступеневий Bardenpho, відповідно [11].

Таблиця 1.3 Результати роботи очисних споруд за технологіями підвищеного видалення сполук азоту [11]

Процес	БСК ₅ , мг/дм ³		Азот амонійний, мг/дм ³		Азот нітратний, мг/дм ³		Азот нітритний, мг/дм ³		Фосфати (за Р), мг/дм ³	
	до	після	до	після	до	після	до	після	до	після
А/О	60- 100	3,1	15- 23	0- 0,01	-	8-8,5	-	0,004- 0,006	НВ	НВ
4- ступеневий Bardenpho	87	2,6	17,5	0,24	-	9,51	НВ	НВ	2,2	1,5

Примітка: НВ – параметр не визначений

Ефективність зниження БСК₅ та амонійного азоту у обох випадках практично не відрізняється і складає 96-97% і 99-99,9%, відповідно. Враховуючи, що А/О-процес простіший у реалізації на луцьких КОС і має таку ж ефективність як 4-ступеневий Bardenpho, для очищення стічних вод міста Луцька від сполук азоту виберемо саме цю технологію. У випадку більш концентрованих стічних вод міста Луцька при тій ж самій ефективності значення БСК₅ на виході буде рівним 9,2 мг/дм³ при початковому 229 мг/дм³ (з урахуванням зниження на 15% після освітлення у первинних відстійниках), при встановлених гранично допустимих для КОС значеннях не більше 15 мг/дм³ [17]. Концентрація амонійного азоту при показаній ефективності орієнтовно складатиме 0,4 мг/дм³ при ГДК у воді водних об'єктів господарсько-питного та комунально-побутового значення, рівному 2,0 мг/дм³. Величини концентрацій нітратного і нітритного азоту після очищення

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

стічної води за А/О процесом становлять – 8,5 і 0,006 мг/дм³, відповідно. Дані значення не перевищують ГДК для річки Стир: нітратного азоту 10,15 мг/дм³ і нітритного азоту 1,0 мг/дм³. При зменшенні концентрації фосфатів за рахунок акумуляції в активному мулі на 30%, що доказано показниками Ново-Люберецьких КОС, концентрація фосфору фосфатів в стічних водах міста Луцька після очищення складатиме близько 5 мг/дм³. Доочищення на біологічних ставках дозволить знизити концентрацію фосфору фосфатів до допустимої – 1,14 мг/дм³, а також додатково знизити концентрацію БСК – до 5-6 мг/дм³, завислих речовин – до 4-5 мг/дм³, нітратного азоту – до 90% з кінцевою концентрацією до 1 мг/дм³. Нітрити внаслідок великої реакційної здатності швидко окиснюється мікроорганізмами біоставків до нітратів, отже кінцева концентрація нітритного азоту буде рівною 0 мг/дм³. Амоній, як найбільш легко засвоюване рослинами джерело азоту, при низьких початкових концентраціях (до 2 мг/дм³) також буде повністю видалений зі стічної води після доочищення у біоставках [14, 15, 18].

1.3. Обґрунтування технології біологічного очищення стічних вод міста Луцьк з глибоким видаленням сполук азоту

Отже, у даному проєкті обрана технологія біологічного очищення стічних вод міста Луцьк з глибоким видаленням сполук азоту у А/О процесі. Технологічна схема очищення стічних вод включає механічне очищення на решітках, пісколовках та первинних відстійниках, біологічне очищення у аеротенках із зонами денітрифікації і нітрифікації, доочищення від фосфатів у біологічних ставках з культивуванням ряски, знезараження обробкою гіпохлоритом натрію. Схема технології зображена на рисунку 1.3.

Для лінії переробки осадів первинного і вторинного відстійника для КОС даної продуктивності пропонується використати аеробну стабілізацію з

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

наступним ущільненням стабілізованого осаду, зневодненням на фільтр-пресах та знезараженням при термічному висушуванні. Передбачається використання отриманого висушеного і знезараженого осаду у якості органічного добрива [9, 14].

Обробка піщаної пульпи з пісковловлювачів проходить на гідроциклонах, де частинки піску відділяються від осаджених у пісколовках органічних частинок, та у піскових бункерах, де піщана пульпа ущільнюється.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

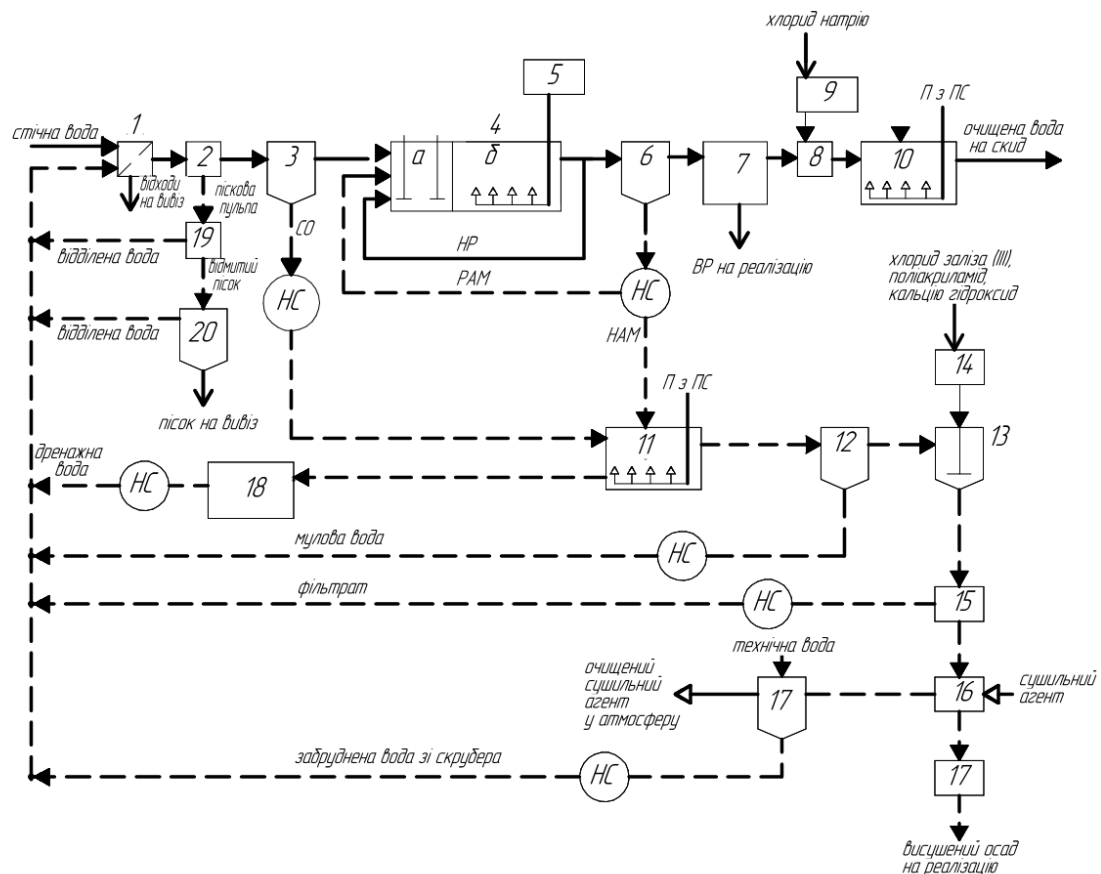


Рисунок 1.3 – Схема технології біологічного очищення стічних вод міста Луцьк:

1–решітки, 2–пісковловлювачі, 3–первинні відстійники, 4–аеротенк, а–денітрифікатор, б–нітрифікатор, 5–повітрорудувна станція, 6–вторинні відстійники, 7–біологічні ставки, 8–змішувач розчину гіпохлориту натрію зі стічною водою, 9–станція приготування розчину гіпохлориту натрію, 10–контактний резервуар, 11–аеробний стабілізатор, 12–мулоущільнювач, 13–змішувач ущільненого осаду з кондиціонуючими агентами, 14–станція приготування розчинів кондиціонуючих агентів, 15–фільтр-преси, 16–сушарки, 17–склад висушеного осаду, 18–система очищення відпрацьованого сушильного агента, 19–аварійний муловий майданчик, 20–гідроциклони, 21–піскові бункери; СО–сирий осад, НС–насосна станція, НР–нітратний рецикл, РАМ–рециркуляційний активний мул, НАМ–надлишковий активний мул, ВР – водні рослини, П з ПС–повітря з повітрорудувної станції.

1.4. Характеристика біологічного агента

Біологічним агентом будь-якої технології аеробного біологічного очищення міських стічних вод є активний мул – складний динамічний біоценоз мікроорганізмів, за допомогою яких здійснюється ефективне видалення із стічних вод та окиснення органічних речовин різного ступеню дисперсності: завислих частинок, колоїдних речовин, молекулярно-розчинених речовин, які містяться у стічних водах за показником БСК_{повн}, з утворенням мінеральних сполук – газів (CO₂, NH₃ тощо), та простих неорганічних сполук (солей амонію, гідрокарбонатів, сульфатів, нітратів тощо). В результаті утворюється очищена стічна вода з показником БСК_{повн} при повному біологічному очищенні - 15-20 мг/дм³, і приростає біомаса активного мулу – утворюється надлишковий активний мул [19-21].

1.4.1. Видова структура активного мулу

Найчисельнішою групою мікроорганізмів активного мулу є бактерії, кількість яких знаходиться в межах $(1-10) \cdot 10^{12}$ в 1 г органічної речовини активного мулу, що відповідає 95% від всіх організмів мулу. Метаболічно активними з цієї кількості залишаються близько 80% бактерій. Угрупування бактерій активного мулу включають широку групу фекальних коменсалів та патогенів, які разом з вірусами і бактеріофагами потрапляють до споруд біологічного очищення зі стічною водою. У активному мулі аеротенків також у невеликій кількості (<1% від всіх клітин) зафіксована присутність представників архей, зокрема метаногенів, які можуть заноситися зі стічною водою [19]. Типові роди бактерій активного мулу включають *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Trichococcus*, *Actinomyces*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Bacterium*, *Corynebacterium*, *Desulfotomaculum*, *Desulfovibrio*, *Micrococcus*, *Sarcina*.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Найбільш поширену групу бактерій активного мулу складають хемоорганогетеротрофи, які отримують енергію шляхом окиснення органічних речовин стічної води. Проте багатьом бактеріям властивий надзвичайно пластичний метаболізм і можливість переходу до різних типів живлення. В умовах споруд біологічного очищення такий перехід відбувається, головним чином, від хемоорганотрофії до хемолітотрофії з окисненням неорганічних субстратів, наприклад, амонію, відновлених сполук сірки – сірководню, сульфідів, елементарної сірки, заліза двовалентного та ін. [19-21]. Найбільш поширеними метаболічними шляхами у активному мулі є ті, що пов'язані з синтезом і перетворенням амінокислот і вуглеводів, зокрема аеробні – цикл трикарбонових кислот і окисне фосфорилування, та незалежні від присутності кисню – гліколіз, фруктоліз, розклад крохмалю, сахарози і галактози [22].

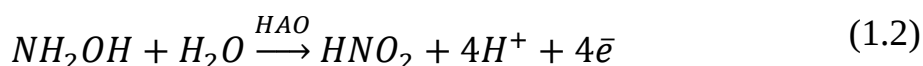
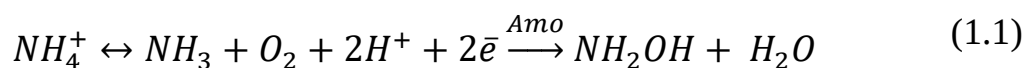
З точки зору технології глибокого видалення сполук азоту, найбільш важливими представниками активного мулу є бактерії, які відповідають за процеси денітрифікації та нітрифікації.

Зв'язаний з органікою стічних вод азот вивільняється у вигляді іонів амонію в процесі гідролізу азотвмісних сполук. Цей процес, відомий як амоніфікація, протікає переважно ще до потрапляння стічної води на КОС у каналізаційній мережі і здійснюється за допомогою гідролаз та оксиредуктаз різних груп бактерій, наприклад, уреаз *Micrococcus urea*, *Sarcina urea*, дезаміназ амінокислот *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., дезаміназ нуклеотидів *Mycobacterium* spp., *Corynebacterium* spp., *Nocardia* spp. [21]. Вивільнені іони амонію асимілюються при побудові клітинних структур. Видалення всього амонію зі стічної води шляхом акумулювання у біомасі не досягається на практиці, оскільки його концентрація у стоках і відношення N:C високі, а швидкість нарощування біомаси обмежена. Тому основна роль у видаленні сполук азоту зі стічних вод належить бактеріям, які відповідають за послідовні

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

процеси повернення азоту амонію у його біологічно інертну форму – газоподібний N_2 [11].

Першим кроком у цьому процесі є нітрифікація. Нітрифікація протікає двофазно і за кожну з фаз відповідають специфічні групи хемолітоавтотрофних мікроорганізмів [11, 19-21]. Перша група мікроорганізмів спеціалізується на окисненні амонію до нітриту. Реакція двостадійна. На першій стадії амоній окиснюється киснем до гідроксиламіну амоніймонооксигеназою Amo (1.1), причому субстратом для ферменту є молекула аміаку, який знаходиться у динамічній рівновазі з іонами амонію; на другій стадії проміжний гідроксиламін окиснюється гідроксиламіноксиредуктазою HAO до азотистої кислоти (1.2):

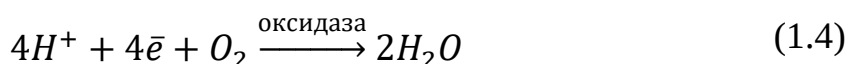
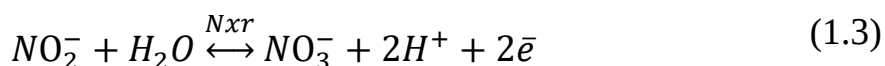


Вивільнені електрони переносяться до електронтранспортного ланцюга, де при їх переміщенні за градієнтом окисно-відновного потенціалу у системі переносників генерується необхідний мембранний потенціал для синтезу молекул АТФ (аденозинтрифосфату). Бактерії автотрофні і отримують органічні речовини для побудови клітинних структур шляхом фіксації вуглекислого газу в циклі Бенсона-Кальвіна. Відновні еквіваленти НАД(Ф)·Н (нікотинамідаденіндинуклеотид(фосфат)у), необхідні для асиміляції вуглекислого газу, амоній-окиснюючі бактерії отримують при енергозатратному транспорті проти градієнту окисно-відновного потенціалу. Такий тип енергетичного метаболізму є малоефективним порівняно з метаболізмом органогетеротрофів, тому ці бактерії характеризуються дуже низькою швидкістю росту [19]. Типовими представниками амоній-окиснюючих бактерій нітрифікаторів КОС є *Nitrosomonas europaea* та *N. eutropha*. Бактерії мезофільні, оптимальне для життєдіяльності рН 7,0-8,6.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Утворюють зооглейні скупчення. Крім амонію, в наведених реакціях окиснюють сечовину, сечову кислоту, гуанін [21]. Повідомляється, що *N. europaе* не є облігатним автотрофом і може утилізувати такі органічні субстрати як піруват, амінокислоти та фруктозу [19].

Утворені в процесі окиснення амонію нітрити як відновники мають високу реакційну здатність і швидко залучаються у наступний етап нітрифікації нітритоокиснюючими бактеріями [19-21]. Окиснення нітриту проходить в одну стадію нітритоксиредуктазою Nxr, яка зв'язана з мембраною і входить до складу електронтранспортного ланцюга (1.3). Вивільнені від нітриту електрони переносяться цитохромами з генеруванням мембранного потенціалу для синтезу АТФ до термінальної оксидази, яка скидає їх на молекулу кисню (1.4):



Нітрит-окиснюючі бактерії у активному мулі практично всіх КОС представлені, головним чином, родами *Nitrospira* і *Nitrobacter*. Бактерії цих родів різняться за інтенсивністю росту при різних концентраціях нітриту: *Nitrospira* активно розмножується і витісняє *Nitrobacter* при низьких концентраціях нітриту, якому необхідна більша кількість нітритів у середовищі для росту. В умовах збільшеної концентрації азотвмісної органіки і, відповідно, підвищеній інтенсивності окиснення амонію концентрація нітриту збільшується як і активність *Nitrobacter*, які мають більшу швидкість росту, ніж *Nitrospira*. Таким чином, залежно від концентрації амонію у стічних водах буде змінюватися і видовий склад нітрифікуючих бактерій. Як і амоній-окиснюючі бактерії, вони є хемолітоавтотрофами і деякі види здатні до гетеротрофного типу живлення. Так, *Nitrobacter* spp. при відсутності нітриту окиснюють піруват та ацетат [19].

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

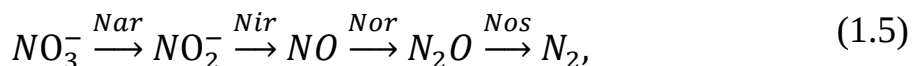
Амоній-окиснюючі бактерії знаходяться у симбіозі з нітрит-окиснюючими бактеріями: перші постачають субстрат, а останні нейтралізують нітрит і попереджують його накопичення у токсичних для клітин концентраціях [19-21]. Між окисниками амонію та нітриту існує конкуренція за кисень, проте найбільш сильно конкуренція за кисень проявляється між нітрифікаторами і гетеротрофами, які мають набагато вищу швидкість росту. Тому процес нітрифікації проходить лише при невисоких навантаженнях на активний мул і при інтенсивній аерації. В іншому випадку, нітрифікатори витісняються іншими групами бактерій або окиснюють лише органічні речовини. Також повільний ріст нітрифікаторів зумовлює необхідність збільшення віку активного мулу – тривалості перебування мулу у системі аеротенк-вторинний відстійник – до більше ніж 5 діб [11, 19-21].

Проходження нітрифікації при традиційній технології очищення стоків в аеротенках свідчить про практично повну мінералізацію органічних речовин і закінчення процесу біологічного очищення [21]. Проте концентрація накопичених нітратів часто перевищує норму для скиду у водойму, тому видалення сполук азоту зі стічної води продовжують проведенням денітрифікації, за яку відповідає інша група мікроорганізмів. В процесі денітрифікації нітрати, нітрити, а також газоподібні оксиди азоту дво- і одновалентного, виступають в якості кінцевих акцепторів електронів дихальних ланцюгів і ступінчасто відновлюються до молекулярного азоту. Оскільки енергетично більш вигідним окисником є молекулярний кисень, в присутності його достатньої кількості денітрифікація практично не проходить. Денітрифікуючі бактерії мають надзвичайно широкий спектр можливих метаболічних шляхів і типів живлення: органотрофія, літотрофія, фототрофія, фіксація азоту [19]. Деякі нітрифікуючі бактерії за нестачі кисню також можуть здійснювати денітрифікацію. Отже, денітрифікація для багатьох бактерій є альтернативним способом отримання енергії [19, 21]. Для різних

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

бактерій граничні концентрації кисню і умови для переходу до денітрифікації різняться, що впливає на різноманітність спільноти денітрифікаторів активного мулу [19].

Схема реакцій денітрифікації, які каталізують зв'язані з мембраною ферменти дихального ланцюга денітрифікаторів:



де Nar – нітратредуктаза, Nir – нітритредуктаза, Nor – редуктаза оксиду азоту (II), Nos – редуктаза оксиду азоту (I) [19].

Окиснені сполуки азоту не завжди повністю відновлюються до N_2 і залежно від видового складу денітрифікаторів та умов середовища можуть виділятися оксиди дво- та одновалентного азоту, які сприяють руйнуванню озонового шару і створенню парникового ефекту [19, 23]. Факторами, що впливають на виділення оксидів азоту, є збільшені концентрації кисню у денітрифікаторі, який інгібує синтез ферментів денітрифікації, підвищені концентрації нітриту внаслідок різкого збільшення навантаження мулу за амонієм та зменшення C:N-співвідношення [23].

З активного мулу ізолювані денітрифікуючі бактерії, що належать до родів *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Hyphomicrobium*, *Methylobacterium*, *Paracoccus*, *Pseudomonas*. У активному мулі КОС з глибоким видалення сполук азоту найбільш поширеними денітрифікаторами виявилися представники родів грам-негативних бактерій *Aquaspirillum*, *Azoarcus*, *Thaurea*, *Zoogloea* та *Accumulibacter*. Всі проявляють різну специфічність до органічного субстрату: показано, що в умовах денітрифікації *Aquaspirillum* spp. ростуть лише на амінокислотах, *Azoarcus* spp. використовують амінокислоти, ацетат і піруват, а *Thaurea* spp. – додатково пропіонат і етанол [19]. Як видно, денітрифікатори надають перевагу легкоокиснюваним органічним субстратам. При цьому для цих денітрифікаторів не властивий розвинений гідролітичний апарат, тому

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

вони використовують продукти гідролізу та ферментативного розкладу, які є кінцевими метаболітами багатьох бактерій [11, 19, 21].

В той час, як чисельні бактерії активного мулу відповідають за процеси мінералізації основної маси органічних забруднень та видалення сполук азоту, інші постійні мешканці мулу – найпростіші, яким належить лише 5% від загальної кількості мікробів, виконують санітарну функцію. Вони поїдають відмерлі та надлишкові бактеріальні клітини, включаючи патогенні, тим самим регулюючи їх чисельність. До найпростіших активного мулу входять представники класів саркодових (амеби), джгутикових та інфузорій. Крім найпростіших, на кінцевих етапах очищення у активному мулі у невеликій кількості можуть розвиватися вищі за організацією мікроскопічні тварини – коловертки і малоцетинкові черви, наприклад *Aeolosoma*, які мають таку ж, як і найпростіші, функцію і свідчать про ефективність процесу [19, 21].

1.4.2. Морфологічна та трофічна організація активного мулу

Сукупність розглянутих мікроорганізмів в спорудах типу аеротенків організована переважно у вигляді пластівців, або флокул [19-21, 24]. Пластівці активного мулу є агрегатами різнорідних клітин, занурених у позаклітинний полімерний матрикс з полісахаридів та білків, а також сорбованих з води речовин іншої природи (гумінові, нуклеїнові кислоти тощо). Деякі мікроорганізми, для яких характерні висока гідрофільність поверхні клітини або рухливість, залишаються у формі поодиноких планктонних клітин і можуть прикріплюватися до поверхні пластівців або покидати її [19, 24].

Пластівці активного мулу характеризуються складною високопористою гетерогенною структурою, яка може змінюватися під впливом зовнішніх умов і визначає такі властивості флокул як сорбційна ємність, здатність до осадження і його швидкість, склад і активність мікроорганізмів. Центром

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

утворення пластівців активного мулу є завислі частинки, які надходять зі стічною водою. До їх поверхні під дією міжмолекулярних та електростатичних сил прикріплюються планктонні клітини або відірвані від інших пластівців мікроколонії бактерій [24]. Флокулоутворюючі бактерії, до яких належать *Zoogloea ramigera*, *Pseudomonas* spp. та ін., синтезують позаклітинні полісахариди, внаслідок чого збільшується поверхня частинки і сила притягання інших мікрофлокул. Основою для формування та підтримання структури пластівця також виступають нитчасті бактерії, зокрема *Schaerotilus natans*, *Microthrix parvicella*, *Nocardia* spp. (рисунок 1.4) [21, 24]. Також на утворення або руйнування пластівців активного мулу значно впливають біологічні фактори, наприклад схильність деяких груп бактерій до існування у вигляді колоній з розвитком симбіотичних і трофічних зв'язків, які надають необхідний субстрат, захист від токсичних сполук. Так, анаеробні бактерії, зокрема фосфатакумулюючі *Acinetobacter* spp., *Candidatus Accumulibacter phosphatis*, зосереджуються у внутрішніх шарах пластівця, де вони захищені від кисню та інших окисників і отримують леткі жирні кислоти від колоній біодеструкторів зовнішніх шарів [19, 23, 24]. Для підтримання оптимальної сталої дози, або концентрації, мулу в процесі очищення шляхом повернення частини мулу з вторинного відстійника на початок споруди, необхідно враховувати концентрацію завислих речовин на вході в споруду та швидкість приросту активного мулу [20, 21].

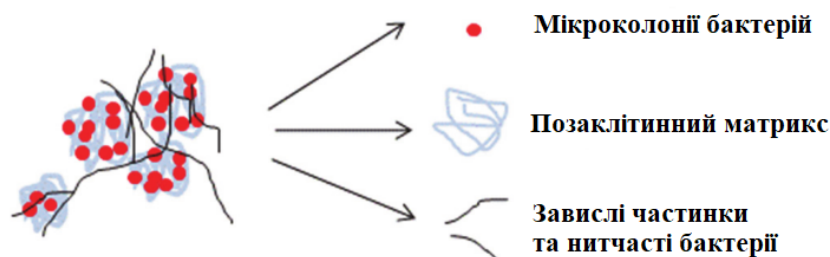


Рисунок 1.4 – Схематична будова пластівця активного мулу [24]

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Загальну ефективність процесів біологічного очищення стоків визначають ступінь розподілу рідкої і твердої (у вигляді флокул) фаз та характеристики пластівців активного мулу, від яких залежить їх швидкість і ступінь осадження з мулової води: розмір, щільність, компактність, стійкість [24]. Пластівці активного мулу з великою питомою поверхнею діють як високоефективний біoadсорбент. Органічні забруднення інтенсивно сорбуються на поверхні пластівців: через декілька хвилин після контакту стоків і активного мулу концентрація органічних забруднень у воді зменшується на половину. Адсорбовані тверді та колоїдні речовини піддаються гідролізу екзоферментами бактерій. Низькомолекулярні продукти гідролізу разом з іншими розчинними речовинами поглинаються клітинами шляхом пасивного та активного транспорту – дифузії та за участі специфічних транспортних ферментів пермеаз відповідно [21]. Забруднення у вигляді твердих частинок або вільних бактеріальних клітин також слугують їжею для найпростіших (рисунок 1.5). У активному мулі із споруд – нітрифікаторів, можуть бути присутні хижі види найпростіших, наприклад, сисні інфузорії і хижі коловертки [20, 21, 25].

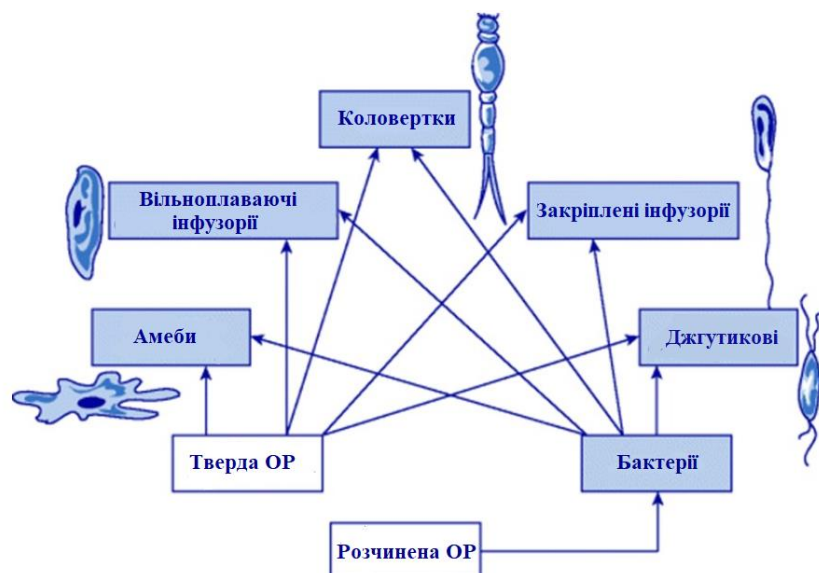


Рисунок 1.5 – Схема типових трофічних зв'язків у активному мулі:

ОР – органічна речовина [25]

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		35

При гідробіологічному аналізі основним показником нормальної роботи мулу є присутність седиментаторів – закріплених на пластівцях «сидячих» круглоїчастих інфузорій та коловерток. Вони поглинають з води планктонні бактерії, зокрема патогенні, завислі частинки та дрібних найпростіших, що збільшує ступінь освітлення води після відстоювання [20, 21, 25].

В умовах низької концентрації кисню та високої концентрації органічних речовин у денітрифікаторі пластівці мулу схильні до диспергування, внаслідок чого збільшується доступ бактерій до субстрату і окисників. При переході до нітрифікатора з інтенсивною аерацією сорбована пластівцями органіка окиснюється і спостерігається самозбирання дрібних флокул у великі з розвиненими симбіотичними (між різними групами бактерій-нітрифікаторів) та трофічними (між автотрофними бактеріями-нітрифікаторами та гетеротрофами) зв'язками. Існує розподіл популяцій бактерій у об'ємі пластівця залежно від ступеня спорідненості і чутливості до кисню, амонію, нітриту. В товщі флокул можуть зберігатися активними колонії денітрифікаторів [19]. Добре працюючий нітрифікуючий мул характеризується крупними компактними пластівцями, які добре (швидко) осаджуються і різноманітним найпростіших – до 45 видів без переважання певного виду [20, 21].

Оптимальні густина і розмір пластівців рівні близько 1,1-1,37 г/см³ і 53-212 мкм відповідно [26]. Крім того, що ці показники можуть сильно відрізнятися залежно від умов очищення, їх складно визначати і аналізувати, тому при розрахунках споруд біологічного очищення і контролі процесів очищення користуються такою більш практичною характеристикою як муловий індекс. Муловий індекс є відношенням об'єму активного мулу, який він займає після відстоювання мулової суміші протягом 30 хв у циліндрі ємністю 1 дм³, до 1 г сухої речовини мулу, у см³/г. Величина мулового індексу залежить, головним чином, від навантаження на активний мул по органічних

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

забрудненнях. Оптимальні значення мулового індексу знаходяться в межах 60-100 см³/г [19-21, 26]. Занизьке або надто високе навантаження на активний мул за БСК разом зі зміною інтенсивності аерації, перемішування, температури, рН, присутністю токсичних речовин призводить до порушення балансу усталених мікробних популяцій та зміни структури пластівців активного мулу – спухання. Спухання мулу є небажаним явищем, оскільки при цьому активний мул погано відділяється від очищеної води і виноситься з вторинних відстійників, відбувається вторинне забруднення очищеної води [19-21]. Винесення мулу з вторинних відстійників може бути спровоковане як надлишком, так і недостатнім розвитком нитчастих або флокулоутворюючих бактерій. При надлишковому розвитку нитчастих бактерій формуються великі структурно неорганізовані розкриті флокули, а за малої кількості нитчастих бактерій флокули дрібні, компактні і сферичні. За надлишку флокулоутворюючих бактерій пластівці мають сильно гідратовані оболонки, плавучі та легко диспергуються, а при нестачі флокулоутворюючих бактерій пластівці дрібні або практично не формуються [24].

Флокулоутворюючі бактерії швидко ростуть при високих концентраціях органічного субстрату і кисню. Їх чисельність можна регулювати оптимізацією співвідношення концентрації органічних речовин і кисню. Нитчасті бактерії ростуть повільно і в основному характеризуються підвищеною спорідненістю до органічного субстрату або до кисню, що в умовах їх нестачі надає цим бактеріям перевагу над флокулоутворюючими [27]. При очищенні стічної води за обраною технологічною схемою (попередня денітрифікація з наступною нітрифікацією і нітратним рециклом) імовірність філаментного спухання є більшою, оскільки по зонах аеротенка створюються умови обмеження концентрації кисню (аноксидна зона) та органічних речовин (аеробна зона) [11].

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таким чином, активний мул є складною біологічною системою, яка постійно змінюється під впливом великої кількості факторів: температури води, навантаження по субстрату, концентрації кисню, сили зсуву при аерації або перемішуванні тощо. Як біологічний агент для очищення стічних вод з підвищеним ступенем видалення сполук азоту, активний мул має бути усталеною мікробною популяцією з переважаючою кількістю денітрифікуючих та нітрифікуючих бактерій, які будуть перетворювати органічні забруднення на воду, азот, вуглекислий газ і біомасу і добре відділятися від очищеної води при відстоюванні [19-21, 24]. З огляду на складність і комплексність біологічних процесів, які відбуваються в системі активний мул – стічна вода, для підтримання необхідного рівня ефективності очищення стоків повинна існувати система гнучкого керування змінами параметрів процесу і стану активного мулу, наприклад, шляхом регулювання часу перебування стічної води у системі, зміни об'єму рециркуляційного активного мулу з вторинного відстійника тощо [19-21, 26].

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

2.1. Схема перебігу біохімічних процесів

Основні фізико-хімічні та біохімічні процеси, що відбуваються в ході біологічного очищення міських стічних вод за обраною технологічною схемою А/О, наступні:

- адсорбція завислих частинок і розчинених речовин на флокулах активного мулу;
- ферментативний гідроліз полімерних органічних сполук до їх низькомолекулярних мономерів;
- пасивне осмотрофне та активне (з гідролізом АТФ або транслокацією фосфорної групи) поглинання розчинних речовин і продуктів гідролізу клітинами бактерій;
- голозойне поглинання твердих органічних частинок, планктонних клітин і мікрофлокул найпростішими і коловертками;
- катаболізм – ферментативне окиснення органічних речовин з їх частковою або повною деградацією, одержанням відновних еквівалентів НАД(Ф)·Н і виділенням енергії у вигляді тепла і АТФ;
- анаболізм – біосинтез клітинних структур з низькомолекулярних продуктів гідролізу або катаболізму та відновних еквівалентів;
- нарощування біомаси мікроорганізмів, синтез позаклітинного полімерного матриксу і формування пластівців активного мулу;
- анаболізм – біосинтез клітинних структур з низькомолекулярних продуктів гідролізу або катаболізму та відновних еквівалентів;

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Симаненко Т.П.								
Перевір.		Садлій Л.А.							39	8
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ БЕ-71		
Н. Контр.										
Затверд.		Садлій Л.А.								

- нарощування біомаси мікроорганізмів, синтез позаклітинного полімерного матриксу і формування пластівців активного мулу;
- нітрифікація;
- денітрифікація;
- фіксація вуглекислого газу в циклі Бенсона-Кальвіна нітрифікуючими бактеріями з синтезом органічних речовин [11, 19-21].

Узагальнений процес обробки стічної води при аерації в аеротенку з точки зору біохімічних перетворень зображений на рисунку 2.1. Процеси трансформації органічних забруднень на рівні біомаси активного мулу схематично наведені на рисунку 2.2. Дані схеми не враховують розподіл аеротенка на аноксидну та аеробну зони, в яких протікають специфічні процеси денітрифікації і нітрифікації, відповідно, проте наочно показує основний принцип біологічного очищення і потоки речовини. В цілому, біохімічні перетворення безазотистих органічних речовин в процесі очищення стічних вод за схемою А/О практично ті самі, що й у процесі аеробного біологічного очищення в аеротенках технології з постійною аерацією, але деякі процеси, наприклад, безкисневий розклад цукрів та аеробне дихання дещо розділені у просторі і часі.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

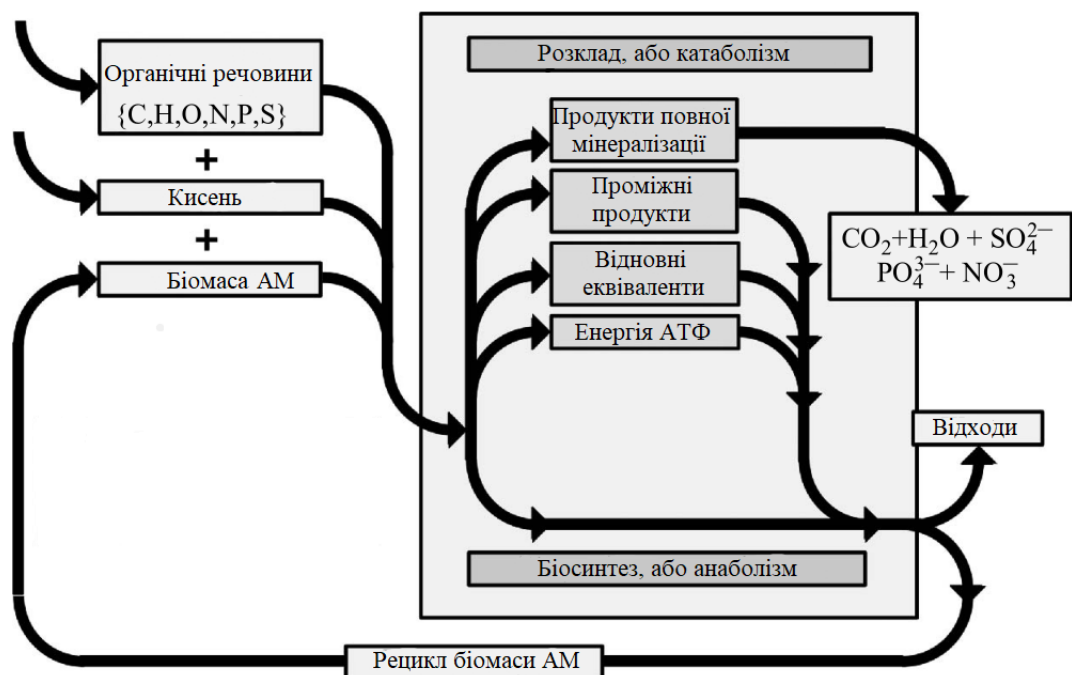


Рисунок 2.1 – Спрощена схема біохімічного перетворення органічних забруднень стічної води в аеротенку при режимі повного окиснення:

АМ – активний мул [19]

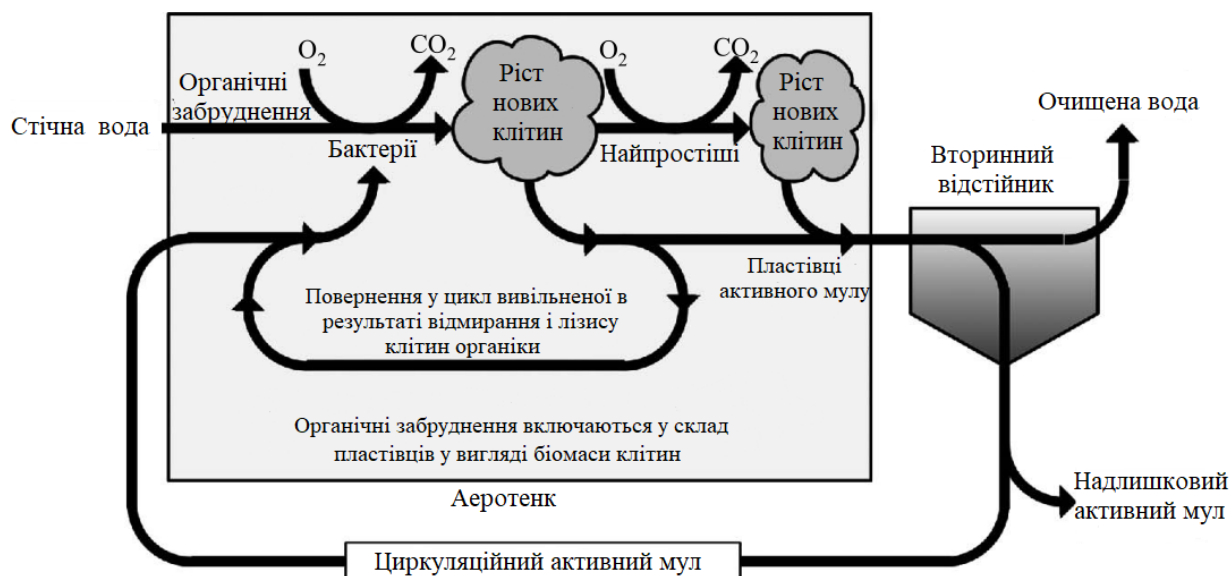


Рисунок 2.2 – Спрощена схема процесів мікробного перетворення органічних забруднень стічних вод в аеротенку [19]

2.1.1. Біохімічні перетворення у денітрифікаторі

Денітрифікатор за обраною технологічною схемою знаходиться на початку споруди біологічного очищення типу коридорного аеротенку. В денітрифікатор подається освітлена стічна вода, рециркуляційний активний мул та мулова суміш (суміш стічної води та активного мулу) з кінця споруди – нітрифікатора, так званий нітратний рецикл. Аерація в денітрифікаторі не здійснюється для створення аноксидних умов, активний мул утримується у завислому стані за допомогою механічного перемішування. У денітрифікаторі відбувається сорбція забруднень пластівцями активного мулу, поверхня яких в умовах продовженої та посиленої аерації у нітрифікаторі практично повністю регенерована від попереднього циклу очищення [11]. З нітратним рециклом до денітрифікатора потрапляє розчинений кисень, який швидко вилучається з води аеробами та факультативними анаеробами, які на цій стадії відповідають за гідроліз біополімерів та виділення низькомолекулярних продуктів неповного аеробного окиснення, наприклад, органічних кислот. По мірі вичерпання розчиненого кисню бактерії переходять до незалежних від кисню шляхів енергетичного метаболізму – бродіння [21]. Зменшення концентрації кисню стимулює синтез редуктаз сполук азоту дихального ланцюга бактерій-денітрифікаторів. Низькомолекулярні субстрати окиснюються оксидазами денітрифікуючих бактерій з послідовним відновленням нітратів до газоподібного азоту і синтезом АТФ для росту і розвитку клітин. Можливість та умови виділення оксидів азоту дво- і одновалентного при денітрифікації описані в розділі 1.4.2. Оксиди азоту погано розчинні у воді і вивільняються з бульбашками інших газів при перемішуванні. Дані оксиди азоту є реакційно здатними і, крім денітрифікації, можуть спонтанно вступати у інші окисно-відновні реакції, через що є потенційно небезпечними для клітин. Денітрифікатори розвиваються дещо активніше за бактерій-зброджувачів і через деяких час встановлення

					<i>ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

аноксидних умов чисельно їх переважають. На відміну від нітрифікаторів, денітрифікуючі бактерії більш різноманітні і чисельні, тому процес денітрифікації в цілому більш стійкий. Пригнічують денітрифікацію, крім кисню, такі чинники, як іони важких металів, високі концентрації нітриту, які можуть надходити з нітратним рециклом при порушенні процесу нітрифікації, сірководень, що виділяється в аноксидній зоні сульфатвідновлюючими бактеріями, СПАР та інші токсичні речовини, що надходять зі стічною водою. Проте в умовах очищення господарсько-побутових стічних вод і при відсутності залпового скиду концентрованих промислових стоків кількість хімічних токсикантів не значуща і стан біоценозу відносно стабільний [19-21].

2.1.2. Біохімічні перетворення у нітрифікаторі

Після денітрифікатора мулова суміш подається у нітрифікатор, де вона інтенсивно аерується. Частина органічних речовин стічної води була видалена у денітрифікаторі при відновленні нітратів і нітритів. Навантаження на мул на вході у аеробну зону залишається порівняно високим. Активно розвиваються бактерії, які здатні доокиснювати органічні речовини у енергетично ефективних метаболічних шляхах аеробного дихання, головним чином, в циклі Кребса з наступним окисним фосфорилуванням [22]. При переході з аноксидної зони до аеробної також відбувається пригнічення процесу денітрифікації та спостерігається підвищений рівень емісії оксиду азоту (I). По ходу руху мулової води коридорами аеробної зони навантаження на мул зменшується, що викликає нестачу органічних речовин для розвитку гетеротрофних бактерій і дає перевагу хемолітотрофним нітрифікаторам. Оскільки нітрифікатори активного мулу здатні існувати за рахунок гетеротрофного живлення, вони постійно присутні у мулі, але в зонах з підвищеною концентрацією органічних сполук чисельно витісняються

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

швидкоростучими видами і, відповідно, не окиснюють амоній. При пригніченні гетеротрофів лімітуванням по органічному субстрату у кінцевих коридорах аеротенка розвиваються нітрифікатори, які окиснюють амоній до нітриту і нітрату і автотрофно синтезують органічні сполуки, зокрема фосфоглюкозу та фосфоглюкозу. Нітрифікатори у біоценозі аеробної зони є первинними продуцентами, виділення або лізат їх клітин споживають гетеротрофи. Внаслідок формування таких і симбіотичних зв'язків між групами нітрифікуючих бактерій, більшість з яких зооглейні, пластівці активного мулу укрупнюються. На відміну від аноксидної зони, де розчинений кисень практично відсутній, у аеробній зоні розвиваються різноманітні найпростіші, які поїдають завислі частинки і бактерій і освітлюють воду. Забезпечити ефективний перебіг процесу нітрифікації складніше, оскільки нітрифікуючі бактерії повільно ростуть і часто не витримують конкуренції з більш активними гетеротрофами і нитчастими бактеріями, які розвиваються в умовах збільшеного віку мулу та лімітування по органічному субстрату. Крім того, видова різноманітність нітрифікаторів активного мулу значно обмежена, порівняно з денітрифікаторами. Тож, після кожного переходу від аноксидних до аеробних умов, нітрифікатори досить довго відновлюють свою популяцію [19-21].

На рисунку 2.3 наведена схема перетворення різних форм азоту у стічній воді при очищенні з використанням процесів нітрифікації і денітрифікації.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

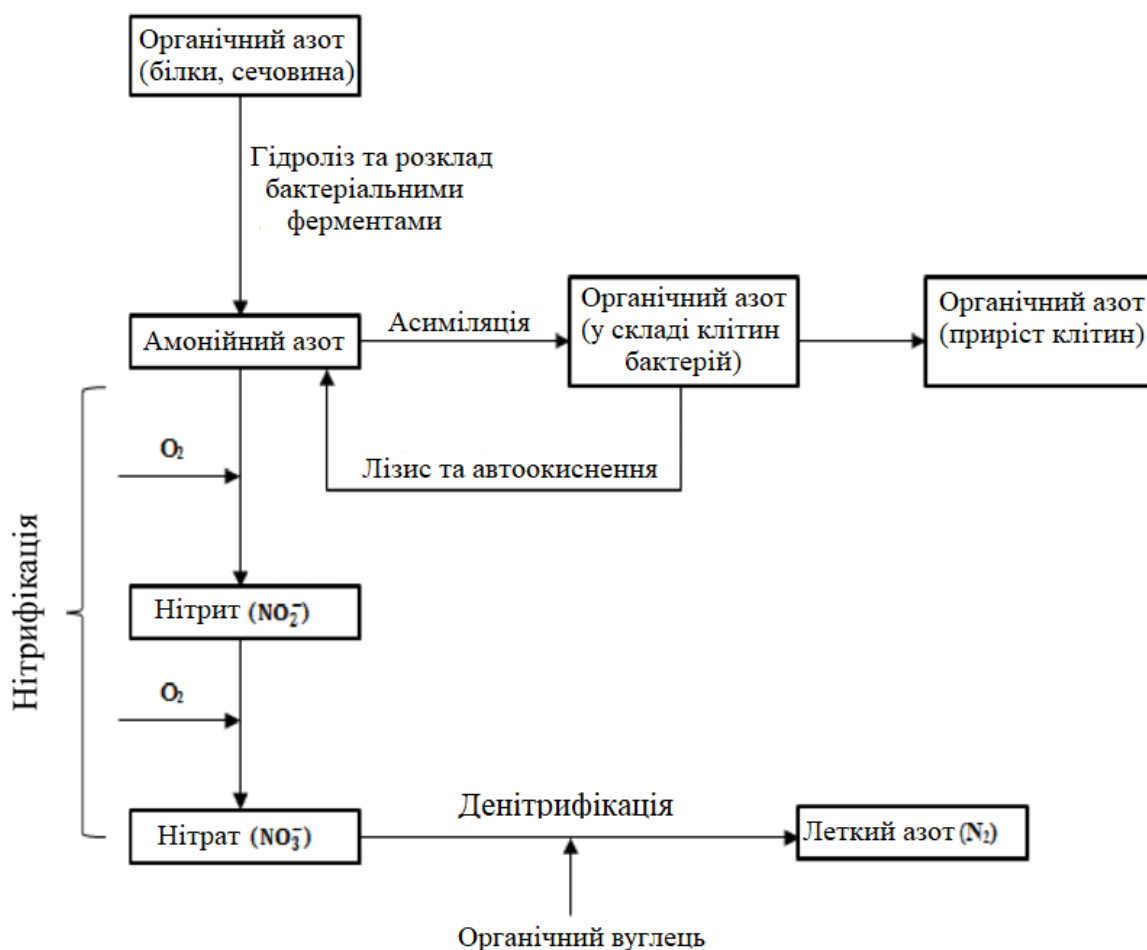


Рисунок 2.3 – Схема процесу видалення сполук азоту зі стічної води

2.2. Характеристика кінцевого продукту.

В результаті біологічного очищення стічної води міста Луцька за обраною технологічною схемою з глибоким видаленням сполук азоту отримуємо очищену стічну воду, яку за встановленими нормативами дозволено відводити у річку Стир комунально-побутового призначення.

Гранично допустимий вміст забруднюючих речовин і гігієнічні вимоги до очищеної стічної води визначені в таких нормативних документах як:

- Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 року № 465;

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення. СанПіН 4630-88.

Згідно з цими документами характеристики очищеної стічної води наступні:

- рН в межах 6,5-8,5;
- оцінка інтенсивності запахів не більше 1 балу;
- забарвлення не повинно виявлятися у стовпчику 10 см;
- сухий залишок не більше 1000 мг/дм³, в тому числі хлоридів не більше 350 мг/дм³, сульфатів не більше 500 мг/дм³;
- концентрація розчиненого кисню не менше 4 мг/дм³;
- збудники захворювань відсутні;
- колі-індекс не більше 1000 при вмісті залишкового хлору 1,5 мг/ дм³;
- концентрації забруднень не перевищують гранично допустимі значення, які наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Концентрації забруднюючих речовин у очищеній стічній воді

Показник	Величина, мг/дм ³	
	в очищеній воді	за нормативом
Завислі речовини	4	15
БСК _{повн}	5	15
ХСК	30	80
Аміак по азоту	0	2,0
Нітрати по іону NO_3^- (по азоту)	14,6 (3,3)	45,0 (10,15)
Нітрити по іону NO_2^- (по азоту)	0 (0)	3,3 (1,0)
Фосфати по іону PO_4^{3-}	3,3	3,5
СПАР аніонні	0,5	0,5
СПАР неіоногенні	0,1	0,1

3. ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД МІСТА ЛУЦЬК

3.2. Сировина та матеріали, що використовуються у технологічному процесі

Технологія біологічного очищення стічних вод полягає в перетворенні основної сировини – стічної води – у кінцевий продукт – очищену стічну воду. До основної сировини, яка безпосередньо залучена у процесі обробки стічної води, можна віднести сіль кухонну (хлорид натрію), яка використовується для приготування розчину знезаражуючого агента – гіпохлориту натрію, а також хлорид заліза (III), поліакриламід і гашене вапно, які використовуються для приготування розчинів коагулянту, флокулянту і підлужуючого агенту, відповідно, для кондиціонування аеробно стабілізованого осаду перед зневодненням.

В процесі очищення стічної води утворюються такий напівпродукт, як органічні осади, які після обробки мають відповідати вимогам ДСТУ 7369:2013 для їх використання у якості добрив.

Характеристика сировини та напівпродуктів і нормативно-технічні документи, які регламентують їх якість, наведені у таблиці 3.1.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	3.ТЕХНОЛОГІЯ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД МІСТА ЛУЦЬК			Літ.	Арк.	Акрушіть
Розроб.		Симаненко Т.П.								
Перевір.		Саблій Л.А.							47	27
Реценз.								КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ БЕ-71		
Н. Контр.										
Затверд.		Саблій Л.А.								

Таблиця 3.1 Характеристика сировини та напівпродуктів

Найменування	Категорія і номер НТД, згідно якого перевіряється сировина	Показники, що обов'язкові для перевірки та їх нормативне значення	Примітка
1. Основна сировина:			
1.1. Стічна вода від міста Луцьк	ДБН В.2.5-75:2013	Завислі речовини 324,6 мг/дм ³ БСК ₅ 269,7 мг/дм ³ БСК _{повн} 374,5 мг/дм ³ ХСК 434,5 мг/дм ³ Азот загальний 54,9 мг/дм ³ Азот амонійний 40,0 мг/дм ³ Фосфор загальний 9,0 мг/дм ³ Фосфор фосфатів 7,2 мг/дм ³	
1.2. Сіль кухонна	ДСТУ 3583:2015		
1.3. Заліза (III) хлорид технічний (розчин)	ТУ 2152-004-00750907-2015	Вміст хлориду заліза не менше 40%	
1.4. Полімери акриламідну «ПОЛІФЛОК» марки А-0305 (6% розчин)	ТУ 2414-002-74301823-2007	Вміст поліакриаміду не менше 6%	
1.5. Вапно гідратне (гашене) без добавок 1-го сорту	ДСТУ Б В.2.7-90-99	Активні СаО+МgО не менше 67%	
2. Напівпродукти:			
2.1. Органічні осади	ДСТУ 7369:2013	W = 40%, Відсутні життєздатні яйця гельмінтів, патогенні мікроорганізми, Індекс бактерій групи кишкової палички менше 50 тис. од/дм ³	

3.2. Опис технологічної схеми очищення стічних вод міста Луцьк

На очищення подається стічна вода від міста Луцьк з середньодобовою витратою 48,2 тис. м³/добу.

ДР 1 «Підготовка аераційного повітря»:

Мета стадії – забезпечити очисні споруди, робота яких передбачає аерацію, повітрям з необхідними для нормальної роботи значеннями витрати і тиску, які відповідають за відповідний рівень диспергування та концентрацію розчиненого кисню.

ДР 1.1 «Забір повітря з атмосфери»

Економічно доцільним джерелом кисню для процесів аеробного біологічного очищення, стабілізації, насичення киснем води перед скидом у річку є атмосферне повітря. Повітря забирається з висоти 5 м від поверхні землі за допомогою виносного повітрозабірника ПЗ-1.

ДР 1.2 «Механічне очищення повітря»

Мета стадії – забезпечити нормальну роботу компресорів повітродувної станції шляхом захисту від дії абразивних грубодисперсних часток, що присутні у забраному повітрі. Грубодисперсні (розміром більше 5 мкм) частинки уловлюються масляним фільтром Ф-2 типу ФяР. Фільтрувальний матеріал – гофровані сітки – періодично регенерують промиванням миючим розчином з наступним висушуванням і змащуванням свіжим вісциновим маслом. Контролюється перепад тиску на фільтрі манометром КВП-2.1. Підставою для регенерації фільтру є значення падіння тиску на фільтрі більше 50 Па. Концентрація пилу після фільтру повинна бути не більше 100 мг/дм³, що контролюється пиломіром КВП-2.2.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ДР 1.3 «Отримання стисненого повітря»

Мета стадії – стиснення повітря для його транспортування по трубопроводах до відповідних споруд, створення тиску, який забезпечить відповідні витрати повітря при подачі у систему аерації.

Очищене повітря стискається у відцентрових компресорах КВ-3 типу ТВ-300-1,6-В2.У2 продуктивністю 300 м³/хв до тиску 0,16 МПа, який контролюється манометром КВП-3.1. Температура повітря на виході з компресора – 85°C. Для подальшої подачі у споруди біологічного очищення повітря охолоджується у холодильниках Т-4 до 24-26°C. Холодильники кожухотрубного типу, у трубний простір подається технічна холодна вода, в міжтрубний – гаряче стиснене повітря. При охолодженні з повітря відділяється конденсат, який накопичується відводиться у каналізаційну мережу станції.

Стиснене і охолоджене повітря подається по повітропроводах до ТП 5.2, ТП 8.2 і ПВ 9.1.

ДР 2 «Підготовка кондиціонуючих агентів»

Мета стадії – отримання розчинів коагулянту, флокулянту та підлужуючого агента для обробки стабілізованого осаду перед зневодненням.

Розчин коагулянту – 10% розчин хлориду заліза (III) – готують таким чином: для приготування 1 дм³ 10% розчину об'ємним дозатором Д-5 відміряють 0,191 дм³ 40% розчину хлориду заліза (III) і 0,809 дм³ води, які змішуються у реакторі Р-6. Насосом-дозатором Н-7 готовий розчин коагулянту перекачується до ПВ 9.3.

Розчин підлужуючого агента – 10% розчин гідроксиду кальцію – готують наступним чином: для приготування 1 дм³ розчину при вмісті гідроксиду кальцію 70% у вапні ваговим дозатором Д-8 відміряється 0,15 кг порошку, який подається в реактор Р-9 і змішується з 10,75 дм³ води

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

(відміряється лічильником КВП-9.1). Насосом-дозатором Н-10 готовий розчин підлужуючого агента подається до ПВ 9.3.

Розчин флокулянту – 0,5% розчин поліакриламід у готують з початкового 6% розчину наступним чином: для приготування 1 м³ ваговим дозатором рідини Д-11 відміряють 0,83 кг 6% розчину поліакриаміду і 995 кг води, які змішують у реакторі Р-12. Насосом-дозатором Н-13 готовий розчин коагулянту перекачується до ПВ 9.3.

Контролюються концентрації приготованих розчинів.

ДР 3 «Електролітичне одержання розчину гіпохлориту натрію»

Мета стадії – забезпечення хлоруючим агентом процесу знезараження стічних вод.

Розчин гіпохлориту натрію з концентрацією активного хлору готують шляхом електролізу розчину технічного хлориду натрію 2%. Вихідний розчин хлориду натрію готується розчиненням кристалічного хлориду натрію (дозується ваговим дозатором Д-14), водою (необхідний об'єм відміряється лічильником КВП-15.1) у реакторі Р-15. Отриманий розчин подається на електролізну установку РЕ-16 – ОSEC В2 продуктивністю за активним хлором 10 кг/год. Концентрація еквівалентного хлору у розчині становить 6 г/дм³. Розчин зі збірника З-17 перекачується насосом Н-18 до ТП 8.1.

ТП 4 «Механічне очищення стічних вод»

Мета стадії – попереднє очищення води від забруднень, які перешкоджають нормальній роботі аеротенків.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ТП 4.1 «Очищення на решітках»

На стадію подаються стічні води від міста, мулова вода від ПВ 9.2, фільтрат від ПВ 9.4, вода зі скрубера від ПВ 9.5, відділена від піщаної пульпи вода від ПВ 10.1 і ПВ10.2, дренажна вода з аварійних мулових майданчиків від ЗВ 11.

Решітки повинні забезпечувати видалення крупних предметів і грубодисперсних домішок (розміром більше 20 мм), що містяться в міських стічних водах [28].

Прийняті механічні грабельні решітки МР-19 типу РГО з шириною прозорів 16 мм. Решітки встановлюються в каналі. При номінальній ширині і глибині каналу 1000 мм (обрані з урахуванням відносної легкості обслуговування) максимальна продуктивність решітки за стічною водою складає 1607 м³/год. Необхідна кількість решіток при розрахованій максимальній годинній витраті 2959 м³/год – 2 робочі і 1 резервна. При максимальному притокові стічних вод слід витримувати швидкість проходу води в прозорах решітки 0,8-1,0 м/с [9].

На зануреній у канал рамі решіток затримується сміття. Прозори рами очищуються механічними граблинами, які транспортують зібраний шлам до конвеєра ТР-20. Звідти шлам направляється до преса ПР-21, який зневоднює його і через відвідну трубу переносить до контейнера С-22. Відділена вода насосом Н-23 повертається у канал перед решітками. Сміття вивозиться один раз на 3-4 доби до міського полігону [28].

ТП 4.2 «Очищення на піскоуловлювачах»

Пісковловлювачі П-24 забезпечують видалення із стічних вод піску та інших мінеральних домішок з фракціями розміром понад 0,25 мм. При ефективній роботи пісколововок частка піску в осаді первинних відстійників не більше 6%.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Обрана споруда типу VIII ТП 902-2-331, яка включає дві горизонтальні пісколовки з круговим рухом води діаметром 6 м і пропускною здатністю 40-64 тис. м³/добу. Кожна пісколовка представлена круглим резервуаром з конічним днищем, всередині якого знаходиться кільцевий лоток з щілинним отвором. Стічна вода з розподільної камери тангенціально поступає до кільцевого лотку. За рахунок зменшення швидкості потоку води мінеральні частинки (пісок) осаджуються і через щілинний отвір сповзають до конічної частини пісколовки. Повинна бути забезпечена нормативна швидкість руху стічної води у пісколовці, яка становить 0,15-0,30 м/с. Пісколовки розраховані на добовий об'єм затриманого осаду вологістю 95% 5,12 м³/добу. Піщана пульпа видаляється з бункерної частини за допомогою гідроелеватора при подачі технічної води двократного об'єму – 10,2 м³. Пульпа відводиться в міру накопичення, але не рідше ніж через 1-2 доби, і направляється до ПВ 10.1 [28].

ТП 4.3 «Первинне відстоювання»

Надлишок завислих речовин у стічних водах, який може призводити до надмірного нарощування біомаси активного мулу і порушення роботи аеротенка, відділяється відстоюванням у первинних відстійниках В-25 радіального типу [9, 14]. Прийняті 3 первинні радіальні відстійники ТП 902-2-363.83 зі збірного залізобетону діаметром 24 м. Стічна вода від ТП 4.2 подається до розподільної чаші, де ділиться на рівні потоки і спрямовується до центрального розподільного пристрою відстійників. Осад, що випав на днище відстійника, згрібається скребковим механізмом до мулового прямоку в центрі відстійника [14]. Розрахункова продуктивність одного відстійника – 986 м³/год. Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить 1,36 мм/с. Концентрація завислих речовин на виході з відстійника при розрахунковій ефективності 55,7% повинна бути рівною 143,8 мг/дм³. Добовий об'єм осаду при вологості 95% складає 210 м³. Осад з прямоку

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

видаляється плунжерними насосами Н-26 і направляється на ПВ 9.1. Осад повинен видалятися не рідше 1-2 разів за 8-годинну зміну [28].

ТП 5 «Біологічне очищення з глибоким видаленням сполук азоту в аеротенку із зонами денітрифікації та нітрифікації»

Біологічне очищення стічних вод від органічних забруднень з глибоким видаленням сполук азоту проводиться в 3-коридорному аеротенку-витиснювачі А-27 конструкції ТП 902-2-194 з шириною коридорів 9 м, робочою глибиною 4,4 м та довжиною секції 108 м. Розрахункова кількість секцій аеротенку – 3 шт. Перший коридор кожної секції відведений під денітрифікатор, а інші 2 – під нітрифікатор. Зони розділені зануреними перегородками, які унеможливають проскок води між зонами з різним кисневим режимом. В місцях надлишкового утворення піни встановлюються портативні пінозбірні пристрої у вигляді насосів закріплених біля водної поверхні на поплавках, наприклад Tsurumi Jet-injector FSP [29]. Зібрана піна відводиться по відповідних трубках до збірника і звідти – до ПВ 9.1. Доза активного мулу рівна по всьому об'єму аеротенка і підтримується рівною 2,6 г/дм³, вік мулу - 39 діб. Періодичність відбору проб для оцінки якості перебігу процесів – 3 рази на добу.

ТП 5.1 «Денітрифікація в аноксидній зоні аеротенку»

До першого коридору-денітрифікатора (на початок секції) надходить освітлена стічна вода від ТП 4.3, рециркуляційний активний мул від ТП 6 і рециркуляційна мулова суміш після нітрифікації від ТП 5.2. В денітрифікаторі підтримуються аноксидні умови – середня по довжині денітрифікатора концентрація кисню має бути не більше 0,1-0,2 мг/дм³ (на початку денітрифікатора можливе підвищення концентрації розчиненого кисню внаслідок рецирку мулової води з аеробної зони нітрифікації) [30]. Активний мул у завислому стані підтримується за допомогою механічного перемішування пропелерними мішалками зануреного типу Wilo-EMU

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Махіггор TRE 326 рівномірно розподіленими вздовж денітрифікатора у кількості 7 шт. з довжиною зони перемішування кожної мішалки 16 м. Розрахункова тривалість перебування стічної води в денітрифікаторі 0,4 год. Контролюються показники БСК_{повн}, БСК₅, загального, амонійного, нітратного і нітритного азоту, рН і температура води на початку і в кінці зони денітрифікації. Розрахункові значення показників: БСК_{повн} на вході в денітрифікатор – 79,6 мг/дм³; БСК₅ – 60,6 і 11,1 мг/дм³ на вході і виході відповідно; азот загальний на вході – 22,1 мг/дм³; азот нітратів – 14,95 і 10,15 мг/дм³ на вході і виході відповідно, азот нітритів на виході – 1,0 мг/дм³.

ТП 5.2 «Нітрифікація в аеробній зоні аеротенку»

Мулова суміш від ТП 5.1 надходить в зону нітрифікації в межах однієї секції аеротенку. Для проходження процесу нітрифікації мулова вода насичується киснем за допомогою середньобульбашкової системи аерації, представленої перфорованими трубами з неіржавіючої сталі умовного проходу 100 мм з діаметром отворів 3 мм. Повітря на аерацію подається від ДР 1. Концентрація розчиненого кисню має підтримуватися рівною 2 мг/дм³ [28]. Питома витрата повітря 4,57 м³/м³, розрахункова загальна витрата повітря – 13 523 м³/год. Для нагнітання повітря обрана турбоповітродувка ТВ-300-1,6-В2.У2 продуктивністю 300 м³/хв. Розрахункова тривалість нітрифікації становить 5,2 год. На виході зі споруди очищена стічна вода перевіряється на відповідність вимогам до скиду за концентраціями мінеральних сполук азоту: амонійний азот – 2,0 мг/дм³, нітратний азот – 10,15 мг/дм³, нітритний азот – 1,0 мг/дм³. Розрахункове БСК_{повн} на виході рівне 10 мг/дм³.

З кінця нітрифікатора до ТП 5.1 насосом Н-28 перекачується мулова вода, ступінь рециркуляції складає 270%, середня годинна витрата становить $2,7 \cdot 2008 = 5422$ м³/год, максимальна годинна витрата – $2,7 \cdot 2959 = 7989$ м³/год.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ТП 6 «Вторинне відстоювання»

Для відділення активного мулу від стічної води, мулову воду від ТП 5.2 відстоюють у вторинних відстійниках В-29 радіального типу ТП 902-2-89/75 діаметром 30 м у кількості 3 шт. Вторинні відстійники даного типу влаштовані аналогічно до первинних. Осаджений активний мул видаляється мулососами до мулової камери, звідки насосною станцією Н-23 відводиться за межі споруди. Частина відділеного мулу – циркуляційний активний мул – повертається на початок аеротенка до ТП 5.1 насосом Н-30 з середньою та максимальною годинною витратами 2008 і 2959 м³/год відповідно (ступінь рециркуляції 100%). Надлишковий активний мул, який утворився внаслідок нарощування біомаси, відводиться насосом Н-31 до ПВ 9.1. Контролюють муловий індекс, який характеризує стан активного мулу і роботу аеротенка. Розрахунковий муловий індекс становить 100 г/дм³. Концентрація завислих речовин в очищеній стічній воді повинна бути не більше 15 мг/дм³.

ТП 7 «Доочищення стічних вод у біологічних ставках»

Концентрація фосфору фосфатів у стічній воді після стадії ТП 5 при концентрації у неочищеній стічній воді 7,2 мг/дм³ з урахуванням розбавлення у 3,7 разів та витрати 30% фосфору на приріст біомаси складе:

$$\frac{7,2+7,2*(1-0,3)*3,7}{1+3,7} = 5,5 \text{ мг/дм}^3.$$

Це значення перевищує нормативну до скиду, яка становить 3,5 мг/дм³ по іону (PO₄)³⁻ або 1,14 по фосфору. Необхідна ефективність видалення фосфатів – 79,3%.

Доочищення стічної води від фосфатів проводиться у біологічних ставках БС-32 з природньою аерацією та з вирощуванням водної рослинності ряски малої *Lemna minor*. За даними дослідження [15] 60%-ву ефективність очищення стічної води від фосфатів можна досягти при питомій кількості

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

біомаси рослин $0,2 \text{ мг/см}^2$ і тривалості обробки води 5 діб (120 год). Інші 20% видалення фосфатів у системі біоставків загалом припадає на осадження іонами металів, адсорбцію та поглинання мікроорганізмами. Отже кінцева концентрація фосфору фосфатів в очищеній стічній воді буде рівною $1,1 \text{ мг/дм}^3$, або $3,3 \text{ мг/дм}^3$ в перерахунку на іон $(\text{PO}_4)^{3-}$. Крім видалення понаднормативного надлишку фосфатів, у біологічних ставках буде відбуватися зниження концентрацій БСК_{повн} – до 5 мг/дм^3 , завислих речовин – до 4 мг/дм^3 . Амонійний і нітритний азот при початкових концентраціях $2,0$ і $1,0 \text{ мг/дм}^3$, відповідно, повністю видаляються з води за рахунок окиснення та поглинання рослинами і мікроорганізмами. Кінцева концентрація нітратного азоту при 70%-вій ефективності видалення нітратів у біоставках за обраної тривалості обробки і початковій концентрації нітратного азоту $11,15 \text{ мг/дм}^3$ (з урахуванням окиснення $1,0 \text{ мг/дм}^3$ нітритного азоту до нітратного) буде складати $3,3 \text{ мг/дм}^3$ [14, 15].

Біомасу рослин видаляють з поверхні водойми по мірі її заростання за допомогою скімерів (ASTET SWUP-200) – пристроїв, які розміщуються на березі водойми і обладнані насосами, сітками та ємностями для накопичення зібраної ряски. Зібрану біомасу за задовільними результатами лабораторного аналізу реалізують як корм для худоби або використовують для компостування [14].

ТП 8 «Знезараження стічних вод обробкою гіпохлоритом натрію»

Мета стадії – знезараження очищеної стічної води перед скидом у водойму знищивши патогенні бактерії, які присутні в ній після повного біологічного очищення і доочищення.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ТП 8.1 «Змішування води з розчином гіпохлориту натрію»

Стічна вода змішується з розчином гіпохлориту натрію від ДР 3 у змішувачі типу лотка Паршаля Л-33. Типова конструкція лотка Паршаля для КОС продуктивністю 32-80 тис. м³/добу складається з підвідного розтруба максимальною шириною 1,68 м, горловини шириною 1 м і відвідного розтруба максимальною шириною 1,3 м. Загальна довжина лотка Паршаля – 6,6 м. До і від змішувача вода проходить по підвідному і відвідному лотках шириною 0,9 м. У підвідному розтрубі розміщений трубопровід, по якому з накопичувача подається розчин гіпохлориту натрію. Підвідний розтруб рівномірно розширюється від підвідного лотка і звужується до горловини, відвідний розтруб симетрично розширюється від горловини і звужується до відвідного лотка. В результаті звужування перерізу та різкого уклону днища у відвідному розтрубі створюється гідравлічний стрибок, в якому відбувається інтенсивне перемішування потоку.

Концентрації активного хлору у стічній воді повинна бути рівною 3 мг/дм³ [28]. Подача розчину гіпохлориту натрію контролюється витратоміром. Витрата розчину гіпохлориту натрію з початковою концентрацією 6 г/дм³ для знезаражування стічної води з середньою витратою 2008 м³/год складе $3 \cdot 2008 \cdot 1000 / (6 \cdot 1000) = 1004$ дм³/год, при максимальній годинній витраті 2959 м³/год – 1479,5 дм³/год.

ТП 8.2 «Витримування суміші у контактному резервуарі»

Вода, змішана з розчином гіпохлориту натрію, витримується у контактному резервуарі КР-34 протягом 30 хв. Прийняті 2 контактних резервуари ТП 902-3-22 з шириною секції 6 м, довжиною 18 м, робочою глибиною 3,2 м, кількістю секцій 4 шт. і максимальною витратою 2578 м³/год. В контактному резервуарі передбачене барботування повітрям для попередження випадіння осаду та насичення стічної води киснем. В якості аераторів використані перфоровані труби. Питома витрата повітря за типовим

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

проектом складає до 0,6 м³ повітря на м³ води (загальна витрата 0,6·2959 = 1775 м³/год), чого достатньо для досягнення концентрації розчиненого кисню 4-6 мг/м³ перед скидом у річку Стир.

Остаточна концентрація хлору у воді повинна бути не менше 1,5 мг/м³. Концентрація завислих речовин у очищеній і знезараженій стічній на виході з контактного резервуару повинна бути не більше 15 мг/дм³ за нормативом при розрахунковій, після доочищення у біологічних ставках, – 4 мг/дм³. Ефективність знезаражування визначається за показником колі-індексу та відсутністю збудників захворювань. Колі-індекс вихідної стічної води становить близько 200 млн кл/дм³ і поступово знижується в процесі очищення: на 30-40% після первинних відстійників, на 90-95% після вторинних відстійників і на 99% після біологічних ставків з водною рослинністю. Отже колі-індекс стічної води перед знезараженням рівний близько 60 тис. кл/дм³, а після знезараження, середня ефективність якого складає 99% , буде становити 600 кл/дм³ при нормативному 1000 кл/дм³. Знезаражена очищена стічна вода направляється до скиду у річку Стир. На виході з очисних споруд контролюються характеристики очищеної стічної води на відповідність нормативним. Періодичність відбору проб – 3 рази на добу.

ПВ 9 «Обробка сирого осаду та надлишкового активного мулу»

Мета стадії – отримати стабілізований висушений осад, який можна зберігати на накопичувальному майданчику невеликої площі тривалий час, легко транспортувати та реалізувати у якості добрива [14]. Аеробна стабілізація суміші сирого осаду з первинних відстійників і надлишкового активного мулу з вторинних відстійників проводиться у стабілізаторі конструкції ТП 902-3-058.87. Маса сухої речовини сирого осаду за розрахунками становить 10,5 т/добу, об'ємна витрата при вологості 95% – 210 м³/добу.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Маса сухої речовини надлишкового активного мулу при добовій витраті $Q_{\text{сум.доб}} = 48,2$ тис. м^3 , прирості активного мулу $\Pi = 1,8$ мг/мгБСК_{повн}, початковій концентрації БСК_{повн} $C_{\text{БСК}}^{\Pi} = 79,6$ мг/дм³ і концентрації активного мулу у очищеній воді $b = 15$ мг/дм³:

$$M_{\text{нам}} = \frac{Q_{\text{сум.доб}} \cdot (\Pi \cdot C_{\text{БСК}}^{\Pi} - b)}{10^6} = \frac{48\,200 \cdot (1,8 \cdot 79,6 - 15)}{10^6} = 6,2 \text{ т/доб.}$$

Об'ємна витрата надлишкового активного мулу вологістю $W_{\text{нам}} = 99,6\%$:

$$V_{\text{нам}} = \frac{100 \cdot M_{\text{нам}}}{100 - W_{\text{нам}}} = \frac{100 \cdot 6,2}{100 - 99,6} = 1550 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Сумарна витрата суміші сирого осаду та надлишкового активного мулу за сухою речовиною складе 16,7 т/добу, за об'ємом – 1760 м³/добу.

ПВ 9.1 «Аеробна стабілізація суміші сирого осаду та надлишкового активного мулу»

Для даного проєкту приймаємо аеробний стабілізатор АС-35 типової конструкції з продуктивністю за сухою речовиною осадів 18 т/добу. Кількість секцій стабілізатора шириною 9 м – 3 шт., довжина секцій – 51 м. Гідравлічна глибина становить 4,7 м. За типовим проєктом аеробний стабілізатор зблокований із зоною відстоювання і ущільнення стабілізованого осаду. Зона відстоювання шириною 1,5 м виділена в нижній частині споруди і утворена вертикальною перегородкою вздовж повздовжніх стінок, яка не доходить до днища. Мулоущільнювач шириною 9 м і довжиною 3 м примикає до нижньої частини мінералізатора і має двобункерне днище з кутом нахилу стінок 55° до горизонту.

Сирий осад від ТП 4.3 і надлишковий активний мул від ТП 6 направляються насосними станціями до розподільної камери аеробного стабілізатора, а звідти через вимірювальні водозливи до зони аерації з трьох однокоридорних секцій. Також на аеробну стабілізацію подається зібрана з

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

поверхні аеротенка піна від ТП 5. У стабілізаторі в аеробних умовах відбуваються зниження вмісту беззольної речовини осаду за рахунок процесів окиснення органічних речовин сирого осаду активним мулом та самоокиснення активного мулу. В результаті стабілізації зменшується маса сухої речовини і схильність до загнивання суміші осадів, підвищується її здатність віддавати вологу. У конструкції аеробного стабілізатора передбачена середньобульбашкова система аерації у вигляді перфорованих труб з діаметром отворів 5 мм. Питома витрата повітря рівна $1 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^3)$, годинна витрата повітря – $17483 \text{ м}^3/\text{год}$. Вміст розчиненого кисню в муловій суміші підтримується на рівні не менше 2 мг/дм^3 . Тривалість аерації 8 діб.

ПВ 9.2 «Гравітаційне ущільнення аеробно стабілізованого осаду»

Суміш осадів із зони аерації від ТП 9.1 потрапляє до мулоущільнювача МУ-36 через вікна в перегородці, які перекриваються щитовими затворами. Час перебування суміші в мулоущільнювачі не більше 5 годин. Контролюється вологість осаду, яка має бути рівною 97%. При мінералізації 40% від сухої речовини осадів масова витрата стабілізованого осаду складе:

$$M_{\text{стаб.ос.}} = 16,7 \cdot (1 - 0,4) = 10,0 \text{ т/добу.}$$

Об'ємна витрата ущільненого осаду:

$$V_{\text{нам}} = \frac{100 \cdot 10,0}{100 - 97} = 333 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Тоді об'ємна витрата мулової води:

$$V_{\text{мв}} = 210 + 1550 - 333 = 1427 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Мулова вода збирається у збірних лотках мулоущільнювача і далі через вимірювальні водозливи відводиться на перекачування насосом Н-37 до ТП 4.1. Ущільнений осад під гідростатичним тиском видаляється до колодязів, в

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

яких встановлені засувки для управління відбором осаду, і потім самопливом відводиться до збірника 3-38 на подальшу обробку.

ПВ 9.3 «Кондиціонування осаду перед зневодненням»

Ущільнений стабілізований осад для кращого відділення вологи обробляють розчинами коагулянту – хлориду заліза (III) та флокулянту – поліакриламід у від ДР 2 у розрахованих кількостях при перемішуванні. Приймається кількість коагулянту – 3 кг/т сухої речовини осаду, флокулянту – 2 кг/т сухої речовини осаду. Тоді на 1 м³ осаду вологістю 97% необхідно додавати коагулянту $3 \cdot 1 \cdot (1 - 0,97) \cdot 1000 = 90$ г або 0,83 дм³ 10% розчину (густина 1,085); флокулянту $2 \cdot 1 \cdot (1 - 0,97) \cdot 1000 = 60$ г або 12 дм³ 0,5% розчину. Добова потреба в розчинах коагулянту і флокулянту для обробки 333 м³ осаду – 0,276 і 3,996 м³ відповідно. Для зменшення кислотності осаду після обробки коагулянтом та підтримання оптимального для коагуляції нейтрального рН до осаду додають розчин гашеного вапна від ДР 2.

Вихідний осад зі збірника-накопичувача 3-38 насосом-дозатором Н-39 подається до змішувача осаду і розчинів кондиціонуючих агентів Р-40, які одночасно з осадом завантажуються до змішувача відповідним дозуючим обладнанням. Перемішування відбувається за допомогою механічної мішалки.

ПВ 9.4 «Отримання зневодненого осаду на фільтр-пресах»

Зі змішувача від ТП 9.3 оброблений осад самопливом надходить на стрічковий фільтр-прес ФП-41. Об'ємна витрата ущільненого стабілізованого осаду вологістю 97% складає 333 м³/добу або 13,9 м³/год. Обраний фільтр-прес ЭФП-Л з максимальною продуктивністю 16 м³/год (1 робочий і 1 резервний), шириною фільтруючого полотна 1000 мм, який дозволяє обробляти осад вологістю 97% з отриманням кеку вологістю 72-80%.

Лопатевий автоматичний підживлювач рівномірно розподіляє осад по ширині стрічки. З рухом стрічки осад проходить зони зсувного та додаткового

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

пресування під підвищеним тиском. Зневоднений осад стрічковим транспортером ТР-42 передається на сушарку до ТП 9.3. Вологість зневодненого осаду не повинна перевищувати 80%.

Фільтрат та вода після промивки стрічок технічною водою з вбудованих форсунок насосною станцією перекачуються до ТП 4.1.

ПВ 9.5 «Термічне висушування і знезаражування зневодненого осаду»

Для знищення патогенних мікроорганізмів і яєць гельмінтів у осаді з метою його утилізації у якості добрива або добавки для виготовлення добрива, а також зменшення об'ємів, ваги і полегшення транспортування попередньо зневоднений до 80% осад висушується на сушарці С-43 із зустрічними потоками типу СВС-3,5-5 ТП 902-2-319.

Зневоднений на ПВ 9.3 осад стрічковим конвеєром подається до бункера вологого осаду. Сушильний агент – високотемпературні димові гази генеруються за рахунок спалювання природного газу в топкових камерах, які розташовані співвісно на протилежних кінцях сушильної камери. Димові гази температурою 600-800°C через соплові отвори поступають до сушильної камери, до якої через приймальні патрубки розгінних труб шнековими підживлювачами подається вологий осад, змішаний з частиною висушного осаду. Із сушильної камери завись частинок осаду у димових газах по пневмотрубі поступає до класифікатора, в якому частинки розподіляються по фракціях. Фракція крупних частинок недосушеного осаду повертається до бункера вологого осаду, а фракція дрібних частинок спрямовується до бункера сухого осаду. Готовий продукт – гранули висушеного до вологості 40% осаду – вивантажується на скребковий конвеєр для транспортування на критий майданчик для складування або вивезення. Відпрацьовані топкові гази з кінцевою температурою 80°C очищуються на системі очищення, яка включає скруббер СК-44 і вловлювач крапель. Промивна вода відводиться по каналізаційній мережі станції до ТП 4.1.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Для використання у якості добрив у знезараженому осаді мають бути відсутні життєздатні яйця гельмінтів і патогенні мікроорганізми, індекс бактерій групи кишкової палички має бути не більшим за 50 тис. од./дм³, при вихідному близько 100 тис. од./дм³. [31].

ПВ 10 «Обробка піщаної пульпи»

Мета стадії – отримати звільнений від органічних домішок ущільнений пісок.

ПВ 10.1 «Відділення піску з пульпи на гідроциклонах»

Піщана пульпа від піскоуловлювачів подається на напорні гідроциклони, де більш щільні частинки піску відділяються від присутніх у пульпі легших фракцій завислих органічних речовин під дією відцентрової сили. Пульпа подається насосом Н-46 під напором 200 кПа на гідроциклон ГЦ-47 типу ГЦП діаметром 250 мм. Частинки піску осаджуються і відводяться у бункер С-48. Відділена на гідроциклонах вода перекачується насосом Н-49 до ТП 4.1.

ПВ 10.2 «Ущільнення піску у піскових бункерах»

Відділений на гідроциклоні пісок накопичується у пісковому бункері С-48, де ущільнюється до вологості 70%. Кожні три доби ущільнений пісок вивантажується на вантажівки для вивезення до міського полігону. Вода, що відділяється від промитого піску при відстоюванні, відводиться з верхньої частини бункера і перекачується насосом Н-50 до ТП 4.1.

ЗВ 11 «Отримання підсушеного осаду на мулових майданчиках»

Мета стадії – забезпечення приймання осадів очисних споруд у випадку аварії споруд основної лінії обробки осадів.

Осад від ПВ 9.1 вивантажується на мулові майданчики ММ-51 обладнані дренажною системою. Шар осаду, що вивантажують на висушування – 450

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

мм. Кінцева вологість – 70%. Підсушений осад збирають і вивозять на захоронення на полігоні відходів [14]. Дренажна вода відводиться при перекачуванні дренажним насосом Н-52 до ТП 4.1. Мулові майданчики розраховані на приймання 20% від річної кількості осадів з аеробних стабілізаторів.

3.3. Контроль технологічного процесу очищення стічних вод

Для отримання очищеної стічної води, яка відповідає стандартам якості визначеним у розділі 2.2, впроваджується поточний контроль процесу очищення вихідної стічної води за обраною технологічною схемою на всіх стадіях. В ході контролю визначаються кількісні показники, які дозволяють оцінити якість і стабільність процесу. Ефективність роботи як окремих споруд, так і всього комплексу очисних споруд каналізації контролюють за складом стічних вод і осадів перед кожним етапом очистки і після нього. Також одним із завдань лабораторно-виробничого контролю є реєстрація кількості і якості стічних вод і осадів, що обробляються. Сукупність отриманих даних загалом вказує на необхідність регулювання параметрів процесу і можливі шляхи його вдосконалення. Основні контрольні точки регламентовані Правилами технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України і наведені у таблиці 3.2.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 3.2. Точки і параметри контролю виробництва

№	Назва стадії процесу, місце заміру параметра або відбору проби	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Методи контролю	Метод контролю параметра, тип приладу
1	Надходження стічних вод міста Луцьк	Витрата, м ³ /добу	3 рази на добу	48 200 $\delta = \pm 30\%$	K _T	Лоток Вентурі з ультразвуковим витратоміром FLOWBOX
		Температура, °C	1 раз на добу	15 $\Delta = 2$	K _T	МВВ № 081/12-0311-06
		pH	3 рази на добу	7,4 $\Delta = 0,1$	K _x	МВВ № 081/12-0317-06
		Завислі речовини, мг/дм ³	3 рази на добу	324,6 $\delta = \pm 5\%$	K _x	КНД 211.1.4.039-95
		БСК _{повн} , мгО ₂ /дм ³	2 рази на тиждень	374,5 $\delta = \pm 3\%$	K _x	КНД 211.1.4.024-95
		БСК ₅ , мг О ₂ /дм ³	2 рази на тиждень	269,7 $\delta = \pm 3\%$	K _x	КНД 211.1.4.024-95
		ХСК, мгО/дм ³	2 рази на тиждень	434,5 $\delta = \pm 3\%$	K _x	КНД 211.1.4.021-95
		Азот загальний, мг/дм ³	1 раз на добу	54,9 $\delta = \pm 3\%$	K _x	КНД 211.1.4.031-95
		Азот амонійний, мг/дм ³	3 рази на добу	40,0 $\delta = \pm 3\%$	K _x	КНД 211.1.4.030-95
		Фосфор фосфатів, мг/дм ³	1 раз на добу	7,2 $\delta = \pm 3\%$	K _x	КНД 211.1.4.043-95

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 3.2.

2	Підготовка аераційного повітря	Тиск повітря на виході з повітродувки, МПа	1 раз на годину	0,16 $\delta = \pm 2,5\%$	K_T	Мембранний манометр PGT43H.160
3	Підготовка кондиціонуючих агентів	Концентрація розчину хлориду заліза (III), %	1 раз за зміну	10 $\Delta = \pm 0,5$	K_X	Йодометричне титрування
		Концентрація розчину поліакриламід, %	1 раз за зміну	0,5 $\Delta = \pm 0,1$	K_X	ТУ 2414-002-74301823-2007
		Концентрація розчину гідроксиду кальцію, %	1 раз за зміну	10 $\Delta = \pm 0,5$	K_X	Комплексонометричне титрування
4	Підготовка розчину гіпохлориту натрію	Концентрація еквівалентного хлору, г/дм ³	3 рази за зміну	6,0	K_X	Йодометричне визначення
5	Первинне відстоювання	Завислі речовини на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	143,8 $\delta = \pm 3\%$	K_X	КНД 211.1.4.039-95
		Вологість сирого осаду, %	1 раз на тиждень	95 $\delta = \pm 3\%$	K_X	Ваговий метод визначення вологості

Продовження таблиці 3.2.

6	Денітрифікація в анаксидній зоні аеротенка	БСК ₅ на вході, мг O ₂ /дм ³	2 рази на тиждень	60,6 $\delta = \pm 3\%$	K _x	КНД 211.1.4.024-95
		БСК ₅ на виході, мг O ₂ /дм ³	2 рази на тиждень	11,1 $\delta = \pm 3\%$	K _x	КНД 211.1.4.024-95
		Кисень розчинений, мг/дм ³	1 раз на добу	0,15 $\Delta = \pm 0,5$	K _x	МВВ 081/12-0008-01
		Нітратний азот на вході, мг/дм ³	3 рази на добу	14,95 $\delta = \pm 3\%$	K _x	КНД 211.1.4.027-95
		Нітратний азот на виході, мг/дм ³	3 рази на добу	10,15 $\delta = \pm 1\%$	K _x	КНД 211.1.4.027-95
		Нітритний азот на виході, мг/дм ³	3 рази на добу	1,0 $\delta = \pm 1\%$	K _x	КНД 211.1.4.023-95
		Доза активного мулу, г/дм ³	3 рази на добу	2,6 $\delta = \pm 1\%$	K _x	Методика виконання вимірювань масової концентрації активного мулу
7	Нітрифікація в аеробній зоні аеротенка	БСК _{повн} на виході, мгO ₂ /дм ³	3 рази на добу	10,0 $\delta = \pm 1\%$	K _x	КНД 211.1.4.024-95
		Азот амонійний на виході, мг/дм ³	3 рази на добу	2,0 $\delta = \pm 1\%$	K _x	КНД 211.1.4.030-95
		Кисень розчинений, мг/дм ³	3 рази на добу	2 $\delta = \pm 5\%$	K _x	МВВ 081/12-0008-01
		Ступінь рециркуляції мулової води, %	1 раз на годину	270 $\delta = \pm 5\%$	K _T	Лоток Вентурі з ультразвуковим витратоміром FLOWBOX

Продовження таблиці 3.2.

8	Вторинне відстоювання	Ступінь рециркуляції мулу, %	1 раз на годину	100 $\delta = \pm 5\%$	K_T	Лоток Вентурі з ультразвуковим витратоміром FLOWBOX
		Вологість надлишкового активного мулу, %	3 рази на тиждень	99,6 $\delta = \pm 5\%$	K_x	Ваговий метод визначення вологості
		Муловий індекс, $\text{см}^3/\text{г}$	3 рази на добу	100 $\delta = \pm 5\%$	K_x	Методика гідрохімічного контролю активного мулу
9	Доочищення стічних вод у біологічних ставках	Фосфати на виході, $\text{мг}/\text{дм}^3$	1 раз на добу	3,3 $\delta = \pm 1\%$	K_x	КНД 211.1.4.043-95
10	Змішування води з розчином гіпохлориту натрію	Активний хлор, $\text{мг}/\text{дм}^3$	2 рази на годину	3 $\delta = \pm 1\%$	K_x	Концентратомір КОХ-1

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ

Арк.

69

Продовження таблиці 3.2.

11	Витримування суміші у контактному резервуарі	Остаточний хлор	2 рази на годину	1,5 $\delta = \pm 1\%$	K _x	Концентратомір КОХ-1
		Кисень розчинений, мг/дм ³	2 рази на годину	4 $\delta = \pm 1\%$	K _x	МВВ 081/12-0008-01
		Завислі речовини на виході, мг/дм ³	2 рази на годину	4 $\delta = \pm 1\%$	K _x	КНД 211.1.4.039-95
		Колі-індекс, кл/дм ³	1 раз на добу	600	K _{мб}	Методичні вказівки по санітарно-мікробіологічному аналізу води поверхневих водойм
12	Аеробна стабілізація суміші сирого осаду та надлишкового активного мулу	Кисень розчинений, мг/дм ³	3 рази на добу	2 $\delta = \pm 1\%$	K _x	МВВ 081/12-0008-01
13	Гравітаційне ущільнення аеробно стабілізованого осаду	Вологість ущільненого осаду, %	3 рази на тиждень	97 $\delta = \pm 5\%$	K _x	Ваговий метод визначення вологості

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 3.2.

14	Кондиціонування осаду перед зневодненням	Доза розчину коагулянту, $\text{дм}^3/\text{м}^3$	1 раз на добу	0,83 $\delta = \pm 5\%$	K_T	Насос- дозатор SEKO Maxima
		Доза розчину флокулянту, $\text{дм}^3/\text{м}^3$	1 раз на добу	12 $\delta = \pm 5\%$	K_T	Насос-дозатор SEKO Maxima
		pH	3 рази на добу	7,0 $\Delta = 0,1$	K_x	MBB № 081/12-0317-06
15	Отримання зневодненого осаду на фільтр-пресах	Вологість зневодненого осаду, %	3 рази на добу	80 $\delta = \pm 1\%$	K_x	Ваговий метод визначення вологості
		Тиск в пневмосистемі фільтр-преса, МПа	3 рази на добу	0,5 $\delta = \pm 0,5\%$	K_T	Цифровий манометр Wika DG-10
16	Термічне висушування і знезаражування зневодненого осаду	Температура топкових газів на вході в сушильну камеру, °C	1 раз на годину	700 $\delta = \pm 5\%$	K_T	Термопара Wika TC10-B
		Температура топкових газів на виході з сушильної камери, °C	1 раз на годину	80 $\delta = \pm 5\%$	K_T	Термопара Wika TC10-B
		Вологість висушеного осаду, %	3 рази на добу	40 $\delta = \pm 1\%$	K_x	Ваговий метод визначення вологості
17	Ущільнення піску у піскових бункерах	Вологість ущільненого піску, %	1 раз на тиждень	70 $\delta = \pm 5\%$	K_x	Ваговий метод визначення вологості

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ

Арк.

71

3.4 Матеріальний баланс технологічного процесу

Для систематизації інформації про об'єм основних матеріальних ресурсів, що використовуються у даному технологічному процесі, джерел їх надходження та витрати розрахуємо матеріальний баланс процесу очищення стічної води об'ємом, який рівний добовій витраті.

Матеріальний баланс технологічного процесу очищення стічних вод міста Луцьк за обраною технологічною схемою представлений у таблиці 3.3.

					<i>ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 3.3 Матеріальний баланс технологічного процесу

Використано			Отримано		
Стадія	Назва сировини, матеріалів та напівпродуктів	Об'єм	Стадія	Назва кінцевого продукту або напівпродукту, відходів та втрат	Об'єм
		м³			м³
ТП 4	Стічна вода від міста	48 200	ДР 1	Аераційне повітря	786 744
ДР 2	Заліза (III) хлорид 40% розчин	0,053	ДР 2	Розчин коагулянту 10%	0,276
ДР 2	Полімери акриламідy «ПОЛІФЛОК» марки А-0305 6% розчин	0,020	ДР 2	Розчин флокулянту 0,5%	3,996
ДР 2	Вода технічна для приготування розчинів	4,199	ДР 3	Розчин гіпохлориту натрію	35,508
ДР 3	2% розчин хлориду натрію (маса хлориду натрію)	35,508 (710,16 кг)	ТП 4	Піщана пульпа вологістю 95%	5,12
ТП 5	Аераційне повітря	324 552	ТП 4	Сирий осад вологістю 95%	210
ТП 8	Розчин гіпохлориту натрію	35,508	ТП 8	Очищена стічна вода	46 475, 508
ТП 8	Аераційне повітря	42 600	ТП 6	Надлишковий активний мул вологістю 99,6%	1550
ПВ 9	Сирий осад вологістю 95%	210	ПВ 9	Стабілізований осад	1760
ПВ 9	Надлишковий активний мул вологістю 99,6%	1550			
ПВ 9	Аераційне повітря	419 592			
ПВ 10	Піщана пульпа вологістю 95%	5,12			
Всього:		83 6784,41	Всього:		83 6784,41

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД

4.1. Визначення розрахункових витрат міських стічних вод

Відповідно до завдання середня витрата стічних вод міста складає:

$$Q_{\text{сер.доб}} = 48\,200 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Середньогодинна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сер.год}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24} = \frac{48\,200}{24} = 2008 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Середньосекундна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сер.с.}} = \frac{Q_{\text{сер.доб}}}{24 \cdot 3600} = \frac{48\,200}{24 \cdot 3600} = 0,558 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Середньосекундна витрата в дм^3 становить:

$$q_{\text{сер.с.}} = Q_{\text{сер.с.}} \cdot 1000 = 0,558 \cdot 1000 = 558 \text{ дм}^3/\text{с.}$$

Максимальна та мінімальні секундні витрати стічних вод становлять:

$$q_{\text{max.с.}} = K_{\text{max}} \cdot q_{\text{сер.с.}} = 1,473 \cdot 558 = 822 \text{ дм}^3/\text{с.}$$

$$q_{\text{min.с.}} = K_{\text{min}} \cdot q_{\text{сер.с.}} = 0,663 \cdot 558 = 370 \text{ дм}^3/\text{с.}$$

де $q_{\text{сер.с.}}$ – середньосекундна витрата господарсько-побутових стічних вод, $\text{м}^3/\text{с.}$; K_{max} і K_{min} – максимальний і мінімальний коефіцієнти нерівномірності припливу стічних вод у населених пунктах, [18, табл. 2]. Оскільки середня витрата стічних вод займає проміжне значення між $500 \text{ дм}^3/\text{с.}$ ($K_{\text{max}} = 1,50$ і $K_{\text{min}} = 0,66$) і $1000 \text{ дм}^3/\text{с.}$ ($K_{\text{max}} = 1,47$ і $K_{\text{min}} = 0,69$) наявними у таблиці, визначимо значення коефіцієнтів для даної витрати інтерполяцією:

$$K_{\text{max}} = 1,47 - \frac{1,47 - 1,50}{1000 - 500} \cdot (558 - 500) = 1,473;$$

$$K_{\text{min}} = 0,66 - \frac{0,66 - 0,69}{1000 - 500} \cdot (558 - 500) = 0,663.$$

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Симоненко Т.П.			4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД			
Перевір.		Садлій Л.А.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Садлій Л.А.						
						Літ.	Арк.	Акрюшів
							74	19
						КПІ ім. Ізгоря Сікарського ФБТ БЕ-71		

Максимальна годинна витрата стічних вод:

$$Q_{max} = 3,6 \cdot q_{max.c.} = 3,6 \cdot 822 = 2959 \text{ м}^3/\text{год.}$$

4.2. Вибір, характеристика, розрахунок споруд біологічного очищення стічних вод.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	Величина, мг/дм ³		
	до очищення	після очищення	норма скиду
Завислі речовини	324,6	4	15
БСК ₅	269,7	4,5	не нормується
БСК _{повн}	374,5	5	15
ХСК	434,5	30	80
Азот загальний	54,9	3,3	не нормується
Азот амонійний (по азоту)	40,0	0	2,0
Нітрати (по азоту)	-	3,3	10,15
Нітрити (по азоту)	-	0	1,0
Фосфати (по фосфору)	7,2	1,1	1,14

4.2.1. Розрахунок первинних відстійників

Обраний тип відстійників для даного проєкту – радіальний з центральною впускною трубою. Порівняно з іншими типами відстійників, які використовуються на КОС подібної продуктивності (48,2 тис. м³/добу) – горизонтальними та з обертальним збірно-розподільним пристроєм – радіальні відстійники мають простішу і менш матеріалоемну конструкцію, надійніший скребковий механізм для видалення осаду та забезпечують достатню

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ефективність освітлення (до 60%) стічної води [14].

На біологічне очищення за ДБН В.2.5-75:2013 рекомендовано подавати стічну воду концентрацією завислих речовин не більше 150 мг/дм³, для чого необхідно забезпечити таку ефективність відстоювання E_{set} :

$$E_{set} = \frac{C_{зр}^п - C_{зр}^к}{C_{зр}^п} \cdot 100\% = \frac{324,6 - 150}{324,6} \cdot 100 = 54\%,$$

де $C_{зр}^п$ – початкова концентрація завислих речовин на вході в споруду,

$C_{зр}^п = 324,6$ мг/дм³; $C_{зр}^к$ – концентрація завислих речовин на виході зі споруди,

$C_{зр}^к = 150$ мг/дм³ [14].

Тривалість відстоювання стічних вод, при якій забезпечується необхідний ефект прояснення стічних вод, t_{set} визначається за [32 дод. К, табл. К.2]. Оскільки значення ефективності і концентрації завислих речовин займають проміжні значення наведених у таблиці знайдемо t_{set} екстраполяцією.

При $E_{set} = 50\%$ для $C_{зр}^п = 300$ мг/дм³ $t_{set} = 640$ с; для $C_{зр}^п = 400$ мг/дм³ $t_{set} = 450$ с, отже для $C_{зр}^п = 324,6$ мг/дм³:

$$t_{set}^{50} = 640 - \frac{640 - 450}{400 - 300} \cdot (324,6 - 300) = 593 \text{ с.}$$

При $E_{set} = 60\%$ для $C_{зр}^п = 300$ мг/дм³ $t_{set} = 870$ с; для $C_{зр}^п = 400$ мг/дм³ $t_{set} = 680$ с, отже для $C_{зр}^п = 324,6$ мг/дм³:

$$t_{set}^{60} = 870 - \frac{870 - 680}{400 - 300} \cdot (324,6 - 300) = 823 \text{ с.}$$

Для $E_{set} = 54\%$ і $C_{зр}^п = 324,6$ мг/дм³:

$$t_{set} = 593 - \frac{593 - 823}{60 - 50} \cdot (54 - 50) = 685 \text{ с}$$

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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

$$U_o = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}},$$

де K_{set} – коефіцієнт використання зони об'єму, залежить від типу відстійника, $K_{set} = 0,45$ [9, табл. 21]; H_{set} – робоча глибина відстійника, залежить від типу відстійника, H_{set} для радіальних відстійників 1,5 – 5,0 м за [9, табл. 21], прийmemo $H_{set} = 3,1$ м (для попередньо обраного відстійника конструкції ТП 902-2-363.83 діаметром 24 м); α – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, $\alpha = 1,14$ при температурі стічних вод 15°C [32, дод. К, табл. К.3]; t_{set} – тривалість відстоювання, $t_{set} = 685$ с; h – висота стандартного циліндра, $h = 0,5$ м; n_2 – показник степеню, який залежить від агломерації частинок, знаходимо екстраполяцію значень за [32, дод. К, табл. К.4]:

При $E_{set} = 50\%$ для $C_{зр}^п = 300$ мг/дм³ $n_2 = 0,2$; для $C_{зр}^п = 400$ мг/дм³ $n_2 = 0,14$; отже для $C_{зр}^п = 324,6$ мг/дм³:

$$n_2^{50} = 0,2 - \frac{0,2 - 0,14}{400 - 300} \cdot (324,6 - 300) = 0,185.$$

При $E_{set} = 60\%$ для $C_{зр}^п = 300$ мг/дм³ $n_2 = 0,27$; для $C_{зр}^п = 400$ мг/дм³ $n_2 = 0,21$; отже для $C_{зр}^п = 324,6$ мг/дм³:

$$n_2^{60} = 0,27 - \frac{0,27 - 0,21}{400 - 300} \cdot (324,6 - 300) = 0,255$$

Для $E_{set} = 54\%$ і $C_{зр}^п = 324,6$ мг/дм³:

$$n_2 = 0,185 - \frac{0,185 - 0,255}{60 - 50} \cdot (54 - 50) = 0,213$$

Отже:

$$U_o = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,1}{1,14 \cdot 685 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 3,1}{0,5} \right)^{0,213}} = 1,44 \text{ мм/с.}$$

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Визначаємо продуктивність первинного відстійника. Для радіального типу відстійників:

$$q_{set} = 2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2) \cdot (U_o - v) = \\ = 2,8 \cdot 0,45 \cdot (24^2 - 1,6^2) \cdot (1,44 - 0,05) = 1004 \text{ м}^3/\text{год},$$

де D – діаметр відстійника, $D = 24$ м; d – діаметр розподільного пристрою радіального відстійника, для прийнятої стандартної конструкції $d = 1,6$ м [32, дод К, табл. К.7]; v – турбулентна складова, приймається в залежності від швидкості руху стічних вод у споруді, що лежить в межах 5-10 мм/с, приймемо $v = 0,05$ для швидкості руху стічних вод 10 мм/с [32, дод. К, табл. К.6].

Кількість первинних відстійників визначається за формулою:

$$N = \frac{Q_{max}}{q_{set}} = \frac{2959}{1004} = 2,9 \text{ шт},$$

де Q_{max} – максимальна годинна витрата стічних вод, $Q_{max} = 2959 \text{ м}^3/\text{год}$.

Приймаємо 3 первинних радіальних відстійника типового проекту ТП 902-2-363.83 діаметром 24 м.

Розраховуємо фактичну продуктивність одного відстійника:

$$q_{\phi} = \frac{Q_{max}}{N_{\phi}} = \frac{2959}{3} = 986 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить:

$$U_o^{\phi} = \frac{q_{\phi}}{2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{986}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (24^2 - 1,6^2)} = 1,36 \text{ мм/с}.$$

Фактична тривалість перебування стічних вод у первинному відстійнику становить:

$$t_{set}^{\phi} = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{U_o^{\phi} \cdot \alpha \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,1}{1,36 \cdot 1,14 \cdot \left(\frac{0,45 \cdot 3,1}{0,5} \right)^{0,213}} = 723 \text{ с}.$$

Фактична ефективність прояснення стічних вод при $C_{зр}^{\text{п}}$ і t_{set}^{ϕ} лежить в межах 50-60% [32, дод. К, табл. К.1]. Визначимо її з розрахованих раніше значень тривалості відстоювання води t_{set} з початковою концентрацією завислих речовин 324,6 мг/дм³ при ефектах освітлення 50 і 60%:

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$E^{\Phi} = 50 - \frac{50 - 60}{823 - 593} \cdot (723 - 593) = 55,7\%$$

При отриманому E^{Φ} концентрація завислих речовин:

$$C_{зр}^{к, \Phi} = C_{зр}^п - \frac{E^{\Phi} \cdot C_{зр}^п}{100} = 324,6 - \frac{55,7 \cdot 324,6}{100} = 143,8 \text{ мг/дм}^3.$$

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

$$M_{ос} = \frac{(C_{зр}^п - C_{зр}^{к, \Phi}) \cdot Q_{сер.доб} \cdot K}{10^6} = \frac{(324,6 - 143,8) \cdot 48\,200 \cdot 1,2}{10^6} = 10,5 \text{ т/добу},$$

де $Q_{сер.доб}$ – витрата стічних вод, $Q_{сер.доб} = 48\,200 \text{ м}^3/\text{доб}$; $K = 1,1-1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму осаду за рахунок крупних часток зависі, які не виявляються при відборі проб для аналізу, прийmemo $K = 1,2$.

Добовий об'єм осаду:

$$V = \frac{100 \cdot M_{ос}}{100 - W_{ос}} = \frac{100 \cdot 10,5}{100 - 95} = 210 \text{ м}^3/\text{добу},$$

де $W_{ос}$ – вологість осаду, для вивантаження осаду плунжерними насосами, що прийнято у типовому проєкті, прийmemo $W_{ос} = 95\%$.

4.2.2. Розрахунки аеротенка з зонами денітрифікації і нітрифікації та вторинних відстійників

Стадія біологічного очищення стічних вод проводиться в аеротенках – коридорних спорудах, до яких подається освітлена стічна вода та рециркуляційний активний мул з перемішуванням та аерацією, що забезпечує контакт активного мулу із забрудненнями та умови для їхньої біохімічної конверсії.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Обрана технологічна схема очищення стічних вод міста Луцька з глибоким видаленням сполук азоту передбачає впровадження на стадії біологічного очищення А/О процес: попередня денітрифікація у аноксидних умовах з наступною нітрифікацією в аеробних умовах і рециркуляцію мулової води, насиченої нітратами, з кінця нітрифікатора на початок – в денітрифікатор. Для забезпечення роботи даної схеми необхідно розділити аеротенк на дві зони: аноксидний денітрифікатор, в якому для підтримання мулу у завислому стані здійснюється механічне перемішування, і аеробний нітрифікатор, в якому встановлюється система пневматичної аерації. Реалізувати таку схему найбільш просто у аеротенку-витиснювачі, розрахунок якого приведений у даному підрозділі.

Схема розрахунку аеротенка із зонами денітрифікації і нітрифікації, який працює за технологічною схемою А/О процесу, при обраній методиці [30] наступна:

1. визначення типу і необхідної площі вторинних відстійників за прийнятими значеннями дози активного мулу і ступеня очищення стічної води за показником завислих речовин;
2. за обраною робочою дозою активного мулу в аеротенку, виходячи з дослідних даних і побудованих за ними номограм [30], визначається його вік, приріст і окиснювальна потужність;
3. визначається загальний об'єм аеротенка і зон нітрифікації та денітрифікації, ступінь рециркуляції в зону денітрифікації;
4. проводиться розрахунок витрати кисню повітря, який необхідний для окиснення органічних речовин та амонійного азоту у зоні нітрифікації.

Вторинні відстійники встановлюють для відділення активного мулу від очищеної стічної води після аеротенків. Приймемо вторинні відстійники радіального типу, як і первинні.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розрахунок вторинних відстійників здійснюється за гідравлічним навантаженням на одиницю площі поверхні, яке для відстійників після аеротенків визначається за формулою:

$$q = \frac{4,5 \cdot K_{\text{відст.}} \cdot H_{\text{з.в.}}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_{\text{м}} \cdot a_{\text{а}})^{0,5-0,01 \cdot a_{\text{т}}}} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3,1^{0,8}}{(0,1 \cdot 100 \cdot 2,6)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 1,42 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

де $K_{\text{відст.}}$ – коефіцієнт використання об'єму відстійників, для радіальних $K_{\text{відст.}} = 0,4$ [32]; $H_{\text{з.в.}}$ – глибина зони відстоювання, для типових конструкцій радіальних вторинних відстійників діаметром 18, 24 і 30 м $H_{\text{з.в.}} = 3,1$ м; $J_{\text{м}}$ – значення мулового індексу, прийmemo $J_{\text{м}} = 100 \text{ см}^3/\text{г}$; $a_{\text{а}}$ – концентрація активного мулу в аеротенку, рекомендовано приймати до $4 \text{ г}/\text{дм}^3$, прийmemo $a_{\text{а}} = 2,6 \text{ г}/\text{дм}^3$; $a_{\text{т}}$ – концентрація активного мулу у воді після відстоювання, $a_{\text{т}} = 15 \text{ мг}/\text{дм}^3$.

Загальну площу поверхні вторинних відстійників визначимо за формулою:

$$F_{\text{відст.}} = \frac{Q_{\text{max}}}{q} = \frac{2959}{1,42} = 2084 \text{ м}^2,$$

де Q_{max} – максимальна витрата стічних вод, $Q_{\text{max}} = 2959 \text{ м}^3/\text{год}$.

Число вторинних відстійників N рекомендовано приймати не менше трьох. Тоді діаметр відстійників буде рівний:

$$D_{\text{відст.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{відст.}}}{\pi \cdot N}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2084}{3,14 \cdot 3}} = 29,7 \text{ м}.$$

Отже приймаємо три вторинних відстійники ТП 902-2-89/75 діаметром 30 м.

За номограмою, побудованою за дослідними даними [30], на рисунку 4.1 виходячи з прийнятої дози мулу, при якій будуть працювати вторинні відстійники, обираємо вік мулу.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

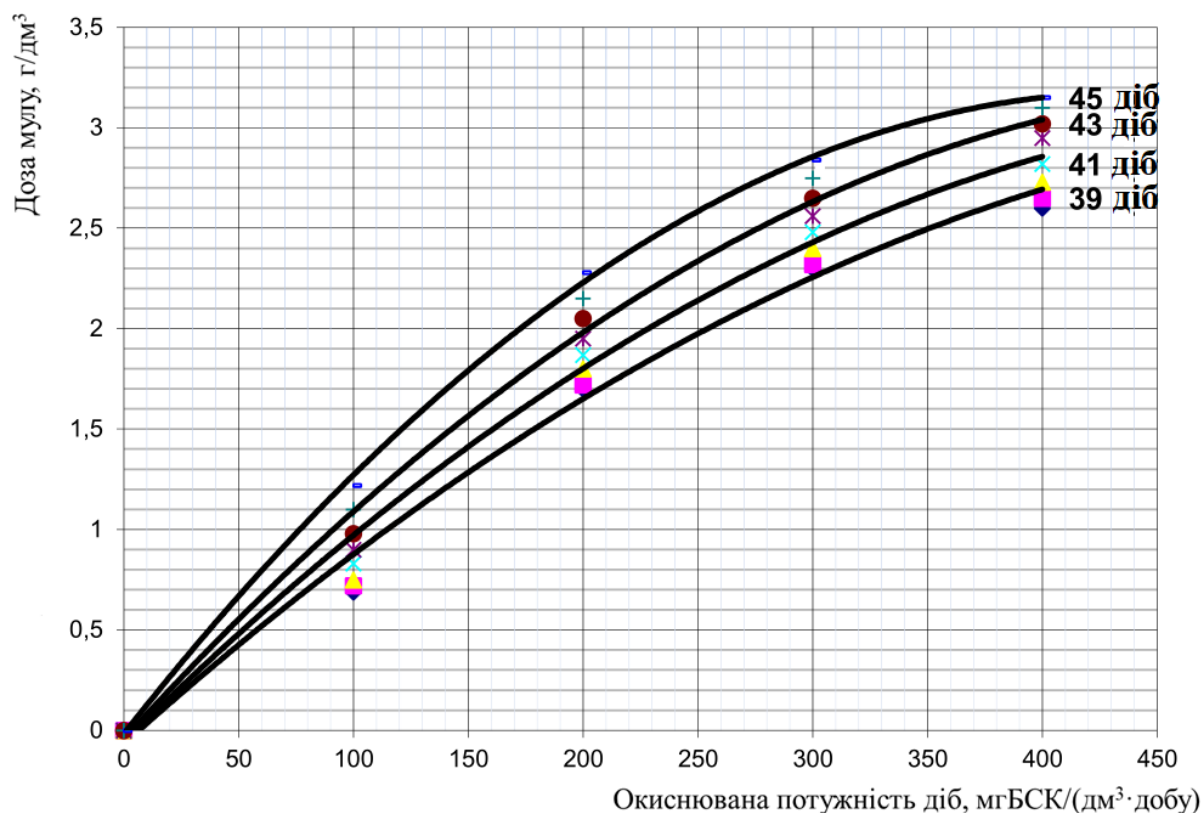


Рисунок 4.1 – Залежність дози мулу від окиснювальної потужності при різних значеннях віку

За дослідженнями «МосводоканалНДІпроект» побудовані номограми залежності дози мулу від окиснювальної потужності при різних значеннях віку мулу. Максимальний вік мулу при обраній дозі мулу 2,6 г/дм³ знаходиться в межах 39-45 діб, окиснювальна потужність 250-380 мгБСК/(дм³·добу). Прийmemo вік мулу 39 діб, якому відповідає окиснювальна потужність 380 мгБСК/(дм³·добу). Приріст мулу складе 1,8 г/гБСК [1, рис.4.7.2].

Загальний об'єм аеротенка знайдемо з рівняння:

$$W_{\text{заг.}} = \frac{(L_{en} - L_{ex}) \cdot Q_{\text{сер.доб}}}{\text{ОП}} = \frac{(318,3 - 15) \cdot 48\,200}{380} = 38\,471 \text{ м}^3,$$

де L_{en} – БСК_{повн} стічної води, що надходить в аеротенк, з урахуванням зниження початкового БСК після відстоювання на 15% $L_{en} = 318,3$ мг/дм³; L_{ex} – БСК_{повн} очищеної стічної води, $L_{ex} = 15$ мг/дм³; $Q_{\text{сер.доб}}$ – добова витрата

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ

Арк.

82

стічної води, $Q_{\text{сер.доб}} = 48\,200 \text{ м}^3/\text{добу}$; ОП – окиснювальна потужність, ОП = $380 \text{ мгБСК}/(\text{дм}^3 \cdot \text{добу})$.

Для визначення об'ємів зон денітрифікації і нітрифікації використовують наступну залежність:

$$\frac{Q_{\text{сер.доб}} \cdot C_{N-NO_3}^{\text{д}}}{C_{\text{БСК}_5}} = \frac{0,6 \cdot OVC \cdot W_{\text{д}}}{2,9 \cdot W_{\text{заг.}}},$$

де $C_{N-NO_3}^{\text{д}}$ – маса нітрату, який витрачається при денітрифікації, $\text{кгNO}_3/\text{м}^3$; $C_{\text{БСК}_5}$ – маса спожитого кисню, $\text{кгБСК}_5/\text{добу}$; OVC – витрата кисню на окиснення вуглецевого субстрату, $\text{кгO}_2/\text{кгБСК}_5$; $W_{\text{д}}$ – об'єм денітрифікатора, м^3 ; 0,6 – коефіцієнт, що враховує зниження функції працездатності мікроорганізмів; 2,9 – емпіричний коефіцієнт. Рекомендовані [30] величини і показники для розрахунку наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 Рекомендовані величини для розрахунку денітрифікації в аноксидних зонах

$W_{\text{д}}/W_{\text{заг}}$	Денітрифікаційна потужність, $\text{кгNO}_3\text{-N}/\text{кгБСК}_5$ (при $T=10^\circ\text{C}$)
0,2	1:14,28
0,3	1:10
0,4	1:8,33
0,5	1:7,14

Показник OVC залежить від віку мулу $B_{\text{м}}$ і температури і розраховується за формулою:

$$OVC = \frac{0,144 \cdot B_{\text{м}} \cdot K_t}{1 + B_{\text{м}} \cdot 0,08 \cdot K_t} + 0,5$$

де K_t – коефіцієнт, що враховує температуру, $K_t = 1,072^{(T-15)}$; T – температура стічної води, $^\circ\text{C}$.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

При температурі стічної води 15°C ($K_t = 1$) і прийнятому віці мулу 39 діб:

$$OVC = \frac{0,144 \cdot 39}{1 + 39 \cdot 0,08} + 0,5 = 1,86 \text{ кгO}_2/\text{кгБСК}_5.$$

На практиці $OVC \leq 1,6 \text{ кгO}_2/\text{кгБСК}_5$, тому для подальших розрахунків приймемо $OVC = 1,6 \text{ кгO}_2/\text{кгБСК}_5$.

Кількість відновленого в ході денітрифікації нітрату знайдемо з наступних міркувань. Згідно з вихідними даними загальна кількість азоту в стічній воді 54,9 мг/дм³. Теоретично для побудови клітинних структур активного мулу використовується 5 мг азоту на кожні 100 мг БСК_{повн}. Загалом на приріст біомаси активного мулу для даних стічних вод буде витрачатися:

$$N_{\text{бм}} = \frac{318,3 \cdot 5}{100} = 15,9 \text{ мгN/дм}^3.$$

В очищеній стічній воді залишкова кількість форм азоту у мг/дм³ рівна: 2,0 амонійного азоту; 10,15 нітратного азоту; 1,0 нітритного азоту. Отже, в процесі денітрифікації має бути видалена така кількість нітратного азоту:

$$C_{N-NO_3}^{\text{д}} = 54,9 - 15,9 - 2,0 - 10,15 - 1,0 = 25,85 \text{ мгN/дм}^3.$$

При даних параметрах об'єм денітрифікатора складе:

$$W_{\text{д}} = \frac{2,9 \cdot W_{\text{заг.}} \cdot C_{N-NO_3}^{\text{д}}}{0,6 \cdot C_{\text{БСК}_5} \cdot OVC} = \frac{2,9 \cdot 38\,471 \cdot 25,85}{0,6 \cdot 229,2 \cdot 1,6} = 13107 \text{ м}^3,$$

де $C_{\text{БСК}_5}$ – величина БСК₅ стічної води з врахуванням зменшення на 15% після освітлення на первинних відстійниках, $C_{\text{БСК}_5} = 229,2 \text{ мг/дм}^3$.

Відношення об'єму зони денітрифікації до загального об'єму аеротенка складає $13\,107/38\,471 = 0,34$. За таблицею 4.2 приймаємо рекомендоване співвідношення $W_{\text{д}}/W_{\text{заг.}} = 0,4$.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Вихідна кількість азоту нітратів для процесу денітрифікації складає:

$$C_{N-NO_3}^{\text{вих.}} = 54,9 - 15,9 - 2,0 - 1,0 = 36 \text{ мгN} - \text{NO}_3/\text{дм}^3.$$

Ефективність видалення азоту нітратів складе:

$$E = \frac{C_{N-NO_3}^{\text{д.}}}{C_{N-NO_3}^{\text{вих.}}} \cdot 100 = \frac{25,85}{36} \cdot 100 = 71,8\%.$$

Необхідний ступінь рециркуляції розраховується за формулою:

$$R = \frac{E}{100 - E} \cdot 100 = \frac{71,8}{100 - 71,8} \cdot 100 = 255\%.$$

Проведемо перерахунок об'єму зони денітрифікації з урахуванням зменшення концентрацій БСК та загального азоту при розбавленні вихідної стічної води рециркуляційною муловою водою. Розрахунковий загальний об'єм аеротенка при цьому не змінюється, оскільки концентрація БСК і витрата води змінюються пропорційно. Концентрація БСК₅ і загального азоту при розбавленні:

$$C_{\text{БСК}_{\text{повн}}}^{\text{розб.}} = \frac{C_{\text{БСК}_{\text{повн}}}^{\text{осв.}} + C_{\text{БСК}}^{\text{к}} \cdot R}{1 + R} = \frac{318,3 + 15 \cdot 2,55}{1 + 2,55} = 100,4 \text{ мг/дм}^3,$$

$$C_{\text{БСК}_5}^{\text{розб.}} = \frac{C_{\text{БСК}_5}^{\text{осв.}} + C_{\text{БСК}}^{\text{к}} \cdot R}{1 + R} = \frac{229,2 + 15 \cdot 2,55}{1 + 2,55} = 75,3 \text{ мг/дм}^3,$$

$$C_N^{\text{розб.}} = \frac{C_N + C_N^{\text{к}} \cdot R}{1 + R} = \frac{54,9 + 13,45 \cdot 2,55}{1 + 2,55} = 25,1 \text{ мг/дм}^3,$$

де $C_{\text{БСК}_{\text{повн}}}^{\text{осв.}}$ і $C_{\text{БСК}_5}^{\text{осв.}}$ – БСК_{повн} і БСК₅ освітленої води, 318,3 і 229,2 мг/дм³ відповідно; $C_{\text{БСК}}^{\text{к}}$ – БСК очищеної стічної води, $C_{\text{БСК}}^{\text{к}} = 15 \text{ мг/дм}^3$; C_N – вихідна концентрація загального азоту; $C_N = 54,6 \text{ мг/дм}^3$; $C_N^{\text{к}}$ – концентрація загального азоту у очищеній стічній воді, $C_N^{\text{к}} = 2,0 \cdot 1,15 + 1,0 + 10,15 = 13,45 \text{ мг/дм}^3$ (1,15 – коефіцієнт, що враховує зв'язаний з органічними молекулами азот).

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

На приріст біомаси активного мулу при розбавленні буде витрачатися:

$$N_{\text{бм}} = \frac{100,4 \cdot 5}{100} = 5,0 \text{ мгN/дм}^3.$$

В процесі денітрифікації у розбавленій воді має бути видалено нітратного азоту:

$$C_{N-NO_3}^{\text{д.п.}} = 25,1 - 5,0 - 2,0 - 10,15 - 1,0 = 7,0 \text{ мгN/дм}^3.$$

Тоді об'єм денітрифікатора з поправкою складе:

$$W_{\text{д.п.}} = \frac{2,9 \cdot W_{\text{заг.}} \cdot C_{N-NO_3}^{\text{д.п.}}}{0,6 \cdot C_{\text{БСК}_5}^{\text{розб.}} \cdot OVC} = \frac{2,9 \cdot 38\,471 \cdot 7,0}{0,6 \cdot 75,3 \cdot 1,6} = 10803 \text{ м}^3.$$

Відношення об'єму зони денітрифікації до загального об'єму аеротенка рівне:

$$\frac{W_{\text{д.п.}}}{W_{\text{заг.}}} = \frac{10\,803}{38\,471} = 0,28 \approx 0,3.$$

Вихідна кількість азоту нітратів для процесу денітрифікації при розбавленні:

$$C_{N-NO_3}^{\text{вих.}} = 25,1 - 5,0 - 2,0 - 1,0 = 17,1 \text{ мгN} - \text{NO}_3/\text{дм}^3.$$

Ефективність видалення азоту нітратів складе:

$$E = \frac{7,0}{17,1} \cdot 100 = 40,9\%.$$

Необхідний ступінь рециркуляції при розбавленні:

$$R' = \frac{40,9}{100 - 40,9} \cdot 100 = 69\%,$$

При чому загальний ступінь рециркуляції складе $2,55/0,69 = 3,70$, що є суттєво більшим за вихідне значення R . При проведенні аналогічних розрахунків для врахування більшого ступеню розбавлення вихідної стічної

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

води, значення необхідного ступеню рециркуляції рівне 49%, сумарний ступінь рециркуляції при цьому буде складати 7,6% від загального (370/49). Оскільки подальші поправки концентрацій є несуттєвим, ними можна знехтувати і завершити розрахунок необхідного ступеню рециркуляції. Отже приймемо ступінь рециркуляції активного мулу з вторинного відстійника 100% і мулової води з кінця нітрифікатора 270%.

Відношення $W_d/W_{\text{заг.}}$ зберігається рівним 0,3. Тоді, рекомендований об'єм денітрифікатора:

$$W_d = 0,3 \cdot W_{\text{заг.}} = 0,3 \cdot 38\,471 = 11\,541 \text{ м}^3.$$

Число секцій аеротенків N слід приймати не менше двох. При $N = 3$ об'єм однієї секції складає:

$$W_1 = \frac{W_{\text{заг.}}}{N} = \frac{38\,471}{3} = 12\,824 \text{ м}^3.$$

Приймаємо 3-коридорний аеротенк з шириною коридорів $B = 9 \text{ м}$ та робочою глибиною $H = 4,4 \text{ м}$ ТП 902-2-194.

Довжина секції становить:

$$L = \frac{W}{B \cdot H \cdot N \cdot n_k} = \frac{38\,471}{9 \cdot 4,4 \cdot 3 \cdot 3} = 108 \text{ м},$$

де n_k – кількість коридорів у секції, $n_k = 3$ шт.

Приймаємо 1 коридор – денітрифікатор і 2 коридори – нітрифікатори.

Денітрифікатор обладнується низькооборотними пропелерними мішалками зануреного типу, які дозволяють рівномірно і ефективно перемішувати велику масу стічної води. Мішалки зануреного типу створюють горизонтальні потоки рідини, тому в умовах великої довжини коридору зони денітрифікації і при відсутності міжкоридорної рециркуляції мулової води

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

робота кожної мішалки обмежена максимально можливою довжиною зони перемішування, яку можна визначити як:

$$L_m = 2,5 \cdot (B - D),$$

де B – ширина або глибина коридору, приймається більше значення, для обраного аеротенка $B = 9$ м; D – діаметр лопатей мішалки, м [33]. Рекомендовані для перемішування стічних вод в аеротенках мішалки марки Wilo типу Wilo-EMU Maxiprop TRE 326 з 3-лопатеvim пропелером, які дозволяють отримувати високу силу тяги (силу осьового тиску) при низькій потужності, що споживається при перемішуванні. Діаметр пропелера $D = 2600$ мм, отже максимально можлива довжина зони перемішування і необхідна кількість мішалок у денітрифікаторі однієї секції становлять:

$$L_m = 2,5 \cdot (B - D) = 2,5 \cdot (9 - 2,6) = 16 \text{ м};$$

$$N = \frac{L}{L_m} = \frac{108}{16} = 6,75 \approx 7 \text{ шт.}$$

Частота обертів пропелера моделей мішалок ряду Wilo-EMU Maxiprop TRE 326 знаходиться в межах 21-42 об./хв, пропорційна цим значенням максимальна сила тяги – в межах 1200-4230 Н. Оптимальні значення цих параметрів і модель мішалки підбираються фірмою розробником за допомогою комп'ютерного моделювання. Обрані мішалки розміщуються на штативних опорних стойках з підйомними пристроями вздовж коридора-денітрифікатора з врахуванням L_m . Для забезпечення інтенсивного перемішування мулової води по всьому об'єму денітрифікатора доречно розміщувати мішалки на максимально можливо близьку відстань до днища коридора, яка складає 1,65 м від осі пропелера. Отже глибина занурення мішалки при робочій глибині 4,4 м становить 2,75 м [34].

При ступеню рециркуляції 370% БСК_{повн} стічної води, що надходить в аеротенк становить 79,6 мг/дм³; концентрація загального азоту – 22,1 мг/дм³;

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

кількість азоту, що витрачається на приріст біомаси – 4,0 мг/дм³; кількість азоту, що має бути видалена в процесі денітрифікації – 4,95 мг/дм³.

Тривалість перебування стічної води в денітрифікаторі визначається з рівняння:

$$\tau_{\text{ден.}} = \frac{C_{N-NO_3}^{\text{д.п.}}}{a_a \cdot (1 - s) \cdot \rho_{\text{ден.}}} \cdot \frac{20}{T_{\text{сер.р}}} = \frac{4,95}{2,6 \cdot (1 - 0,3) \cdot 9,54} \cdot \frac{20}{15} = 0,4 \text{ год},$$

де a_a – доза мулу в нітрифікаторі, $a_a = 2,6$ г/дм³; s – зольність мулу, орієнтовно приймається $s = 0,3$; $\rho_{\text{ден.}}$ – питома швидкість відновлення нітратів, при початковій концентрації нітратного азоту, що надходить в денітрифікатор 15,1 мг/дм³ (22,1-4-2,0-1,0) $\rho = 9,54$ мг/(г·год) [35].

Необхідна кількість органіки на процес денітрифікації за значенням денітрифікаційної потужності, яка рівна 10 кгNO₃-N/кгБСК₅ (з таблиці 4.2), складе $4,95 \cdot 10 = 49,5$ мгБСК₅ при вихідному (з урахуванням розбавлення) БСК₅ 60,6 мг/дм³.

Тоді кількість органічних речовин, що поступає у зону нітрифікації складе:

$$C_{\text{БСК}}^{\text{н}} = 60,6 - 49,5 = 11,1 \text{ мгБСК}_5 / \text{дм}^3.$$

Зона нітрифікації аеротенка обладнується системою аерації. Зважаючи на порівняно низьку концентрацію органічних речовин і амонійного азоту, що поступають в аеробну зону, для забезпечення необхідного значення мінімальної інтенсивності аерації попередньо приймемо середньобульбашкову пневматичну систему аерації у вигляді перфорованих труб з діаметром отворів 3 мм.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Система аерації розраховується через питому витрату повітря, яка для зони нітрифікації визначається за формулою:

$$q_{\text{пов}} = \frac{q_o \cdot [(C_{\text{БСК}}^{\text{п}} - C_{\text{БСК}}^{\text{к}}) + 4,6 \cdot (C_N^{\text{п}} - C_N^{\text{к}})]}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)}, \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

де q_o – питома витрата кисню повітря, що приймається при повному біологічному очищенні 1,1 мг/дм³; $C_{\text{БСК}}^{\text{п}}$ – концентрація БСК_{повн}, що надходить в зону нітрифікації, $C_{\text{БСК}}^{\text{п}} = 11,1 \cdot 1,3 = 14,4$ мг/дм³; $C_{\text{БСК}}^{\text{к}}$ – БСК очищеної води, з огляду на низьке початкове значення приймемо $C_{\text{БСК}}^{\text{к}} = 10$ мг/дм³; $C_N^{\text{п}}$ – початкова концентрація загального азоту у стічній воді, $C_N^{\text{п}} = 22,1$ мг/дм³; $C_N^{\text{к}}$ – концентрація загального азоту на виході зі споруди, $C_N^{\text{к}} = 2,0 + 10,15 + 1,0 = 13,15$ мг/дм³; K_1 – коефіцієнт, який враховує тип аератора і приймається для середньобульбашкової системи аерації $K_1 = 0,75$; K_2 – коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аераторів h_a , при h_a 4,4 м $K_2 = 2,7$ [32, дод. К.10]; K_3 – коефіцієнт якості води для міських стічних вод, за наявності СПАР приймається залежно від співвідношення площ аерованої зони f_{az} і аеротенка f_{at} , при $f_{az}/f_{at} = 0,05 \dots 0,1$ $K_3 = 0,59$ [2, дод. К.9];

K_T – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, який визначається в залежності від середньомісячної температури стічних вод ($T_{\text{сер.р}}$) за виразом:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_{\text{сер.р}} - 20) = 1 + 0,02 \cdot (15 - 20) = 0,9;$$

C_o – середня концентрація кисню в аеротенку, яку приймають 2 мг/дм³; C_a – розчинність кисню повітря у воді, яка визначається в залежності від глибини занурення аераторів ($h_a = 4,4$ м) за формулою:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{4}{20,6}\right) \cdot 10,04 = 12,2 \text{ мг/дм}^3,$$

де C_T – розчинність кисню у воді в залежності від температури та атмосферного тиску, при середньорічній температурі стічної води 15°C становить 10,04 мг/дм³ [32, дод. К.11].

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Отримаємо питому витрату кисню повітря рівну:

$$q_{\text{пов}} = \frac{1,1 \cdot [(14,4 - 10) + 4,6 \cdot (22,1 - 13,15)]}{0,75 \cdot 2,7 \cdot 0,59 \cdot 0,9 \cdot (12,2 - 2)} = 4,57 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Інтенсивність аерації мулової води в нітрифікаторі визначається формулою:

$$I = \frac{q_{\text{пов}} \cdot H}{\tau_{\text{нітр.}}}, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

де $\tau_{\text{нітр.}}$ – необхідна тривалість аерації мулової води для проходження процесу нітрифікації, год; H – робоча глибина аеротенка.

Тривалість перебування стічної води в нітрифікаторі визначимо як:

$$\tau_{\text{нітр.}} = \frac{C_N^{\text{п}} - N_{\text{бм}} - C_{N-NH_4}^{\text{к}}}{a_a \cdot (1 - s) \cdot \rho_{\text{нітр.}} \cdot K_{pH}} \cdot \frac{20}{T_{\text{сер.р}}} = \frac{22,1 - 4,0 - 2,0}{2,6 \cdot (1 - 0,3) \cdot 2,9 \cdot 0,73} \cdot \frac{20}{15} = 5,2 \text{ год},$$

де a_a – доза мулу в нітрифікаторі, $a_a = 2,6 \text{ г/дм}^3$; s – зольність мулу, орієнтовно приймається $s = 0,3$; $\rho_{\text{нітр.}}$ – питома швидкість окиснення амонійного азоту, при початковій концентрації амонійного азоту, що надходить в нітрифікатор (з урахуванням розбавлення і витрати азоту на синтез біомаси) $8,8 \text{ мг/дм}^3$ $\rho = 2,9 \text{ мг/(г} \cdot \text{год)}$ [35]; K_{pH} – коефіцієнт, що враховує вплив рН, при рН 7,5 $K_{pH} = 0,73$ [35]; $C_N^{\text{п}}, N_{\text{бм}}, C_{N-NH_4}^{\text{к}}$ – концентрації загального азоту у вихідній розбавленій стічній воді ($22,1 \text{ мг/дм}^3$), азоту, який вилучається на синтез біомаси ($4,0 \text{ мг/дм}^3$), і концентрація амонійного азоту у очищеній стічній воді ($2,0 \text{ мг/дм}^3$).

Інтенсивність аерації:

$$I = \frac{4,57 \cdot 4,4}{5,2} = 3,87 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Отримане значення має бути в межах $I_a^{\min} < I < I_a^{\max}$. Згідно [32, табл.К9 і табл.К10], приймаємо $I_a^{\min} = 3,3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, $I_a^{\max} = 5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Як видно, значення інтенсивності аерації відповідає даній умові.

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

$$Q_{\text{пов}}^{\text{сер}} = q_{\text{пов}} \cdot Q_{\text{max}} = 4,57 \cdot 2959 = 13\,523 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Для забезпечення такої продуктивності за повітрям ($225 \text{ м}^3/\text{хв}$) обираємо турбоповітродувку ТВ-300-1,6-В2.У2 виробництва ТОВ «Донмашгруп» продуктивністю $300 \text{ м}^3/\text{хв}$, потужністю двигуна 400 кВт і зі створюваним номінальним тиском $1,6 \text{ кгс/см}^2$.

Кількість рядів перфорованих труб в кожному коридорі секції:

$$n_d = \frac{I \cdot B}{I_d \cdot f_d}, \text{ шт}$$

де I_d – питома витрата повітря на одиницю робочої поверхні аераторів, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; f_d – площа одного ряду аераторів на 1 м довжини аеротенка, яку приймають за зовнішнім діаметром труб, $\text{м}^2/\text{м}$; B – довжина коридору аеротенка, м .

Приймемо систему аерації з перфорованих труб умовного діаметру 100 мм (зовнішній діаметр 114 мм) та довжиною $7,1 \text{ м}$ на стояк, що забезпечує ступінь нерівномірності подачі повітря 5% . Труби виготовляються із неіржавіючої сталі. Кількість отворів діаметром 3 мм на 1 м труби становить 120 шт. , перепад тиску $1,5 \text{ кПа}$. Максимальна питома витрата повітря перфорованих труб такої конфігурації становить $110 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ [36, табл. 12]. Площа одного ряду аераторів на 1 м довжини коридору аеротенка (108 м):

$$f_d = \frac{114 \cdot 7,1}{1000 \cdot 108} = 0,007 \text{ м}^2/\text{м}$$

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Отже кількість рядів труб:

$$n_d = \frac{3,87 \cdot 9}{110 \cdot 0,007} = 45 \text{ шт.}$$

Труби рівномірно влаштовуються на днищі аеротенка через кожні 9 см.

5. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ І ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Охорона навколишнього середовища

Метою даної технології біологічного очищення стічних вод є отримання очищеної стічної води, скидання якої у річку Стир, не призвело б до її надмірного забруднення і дозволило зберегти цього водного об'єкту з точки зору екосистеми, рекреаційної зони і джерела прісної води для господарсько-побутових потреб. При правильній роботі очисних споруд очищена стічна вода відповідає вимогам чинного законодавства і дозволена до скиду у річку Стир.

Для захисту населення від неприємних запахів та можливості мікробіологічного ураження навколо КОС встановлюються санітарно-захисні зони. Розмір санітарно-захисної зони від даних КОС і насосних станцій до межі житлової забудови за нормативом приймається рівним 300 м.

Для того, щоб у даній технології очищення стічних вод зберігався принцип раціонального використання природних ресурсів, у технологічній схемі було прийнято лінію обробки осадів і піщаної пульпи. Органічні осади піддаються аеробній стабілізації та термічній сушці з отриманням стабільного продукту, який не загниває, гарантовано звільняється від яєць гельмінтів

					<i>ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>5. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ І ОХОРОНА ПРАЦІ</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Симоненко Т.П.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Саблій Л.А.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Саблій Л.А.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
						93	3
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського ФБТ БЕ-71</i>		

та патогенних мікроорганізмів і може бути використаний як органічне добриво або добавка для виготовлення добрив. Піщана пульпа відмивається від органічних речовин і ущільнюється в бункерах порівняно компактної конструкції, внаслідок чого отримується пісок, який практично повністю звільнений від органіки, не загниває і може бути реалізований для пересипання шарів сміття на міському полігоні твердих побутових відходів. В результаті впровадження обраних технологічних рішень зменшується розмір території землевідведення під КОС, яку б в іншому випадку займали мулові та піскові майданчики. Таким чином, зберігаються земельні ресурси і обмежується вплив на забруднення повітря продуктами гниття необроблених осадів – речовин з неприємним запахом і метану – сильного парникового агенту.

5.2. Охорона праці

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» керівництво КОС повинно забезпечити:

- застосування безпечного атестованого обладнання, механізмів, процесів;
- працюючих засобами індивідуального та колективного захисту з огляду на мікробіологічне забруднення і небезпечність неочищених стічних вод;
- професійну підготовку і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці, пропаганду безпечних методів праці;
- виконання санітарно-гігієнічних нормативів умов праці та оптимальних режимів праці і відпочинку працюючих при безперервній роботі КОС;
- професійний добір виконавців для певних видів робіт;

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- регламентацію безпечних методів контролю за роботою споруд;
- запобігання можливості виникнення аварійних ситуацій вчасним виявленням небезпеки, контролем та керуванням технологічним процесом та обслуговуванням споруд і обладнання у випадку порушення їх роботи.

На КОС на рівні з основними виробничо-технічними службами повинна бути створена служба охорони праці, яка відповідає за організацію роботи з охорони праці [28].

На насосних та повітродувних станціях, на очисних спорудах усі рухомі частини насосів, електродвигунів та іншого обладнання, а також прямки та перехідні містки повинні мати огорожу.

При проектуванні відкритих ємкостей слід передбачати заходи щодо неможливості падіння обслуговуючого персоналу у споруду.

Хлораторна станція КОС, де розміщена електролізна установка з отримання розчину гіпохлориту і можливе виділення газоподібного хлору, який утворюється в процесі електролізу, повинна бути оснащена автоматичними системами виявлення, контролю та оповіщення вмісту хлору в повітрі вище норм ГДК [9].

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						95
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання даного проєкту технології біологічного очищення стічних вод міста Луцьк з глибоким видаленням сполук азоту було визначено наступне:

1. Стічні води міста Луцьк з середньорічною витратою 48,2 тис. м³/добу за складом і властивостями належать до господарсько-побутових і можуть бути ефективно очищеними біологічними методами;
2. Згідно з літературними джерелами щодо методів та технологій біологічного видалення сполук азоту, найбільш раціональним для луцьких КОС буде проведення глибокого видалення сполук азоту зі стічних вод у А/О-процесі на стадії біологічного очищення загальної технологічної схеми, яка також включає попереднє механічне очищення, доочищення від фосфатів у біологічних ставках і знезараження обробкою гіпохлоритом натрію;
3. Активний мул як біологічний агент А/О-процесу сформований з угруповань специфічних бактерій – нітрифікаторів та денітрифікаторів, для розвитку яких у даному технологічному процесі створюються оптимальні умови у відокремлених зонах аеротенка: низька концентрація кисню у воді для денітрифікуючих бактерій та аеробні умови зі зниженою концентрацією органічних сполук для нітрифікуючих бактерій;
4. За теоретичними дослідженнями біохімічних процесів, які лежать в основі обраної технології очищення міських стічних вод, виявлено, що основна маса сполук азоту видаляється в послідовних процесах нітрифікації і денітрифікації, і лише частина – на приріст біомаси активного мулу; органічні речовини стічних вод витрачаються, головним чином, на метаболізм денітрифікуючих бактерій;

					<i>ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ВИСНОВКИ</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Симоненко Т.П.</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Садлій Л.А.</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Садлій Л.А.</i>						
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
						96	3
					<i>КПІ ім. Ігоря Сікарського ФБТ БЕ-71</i>		

5. Склад і властивості стічної води, після доочищення у біологічних ставках, повністю відповідають вимогам скиду у річку Стир: концентрація БСК_{повн} – 5 мг/дм³ при нормативній 15 мг/дм³; завислих речовин – 4 мг/дм³ при нормативній 15 мг/дм³, нітратного азоту – 3,3 при нормативній 10,15 мг/дм³; фосфору фосфатів – 1,1 мг/дм³ при нормативній 1,14 мг/дм³, концентрація розчиненого кисню – 4 мг/дм³, що дорівнює нормативному значенню, колі-індекс – 600 кл/дм³ при нормативному 1000 кл/дм³. У очищеній за обраною технологією стічній воді відсутні амоній і нітрити;
6. Накреслена технологічна і апаратурна схеми біологічного очищення стічних вод, наведені описи сировини і матеріалів, перебігу технологічних процесів, методів контролю та розрахований матеріальний баланс технологічного процесу на 1 добу роботи КОС;
7. Виконані розрахунки і прийняті типові конструктивні рішення наступних споруд:
 - радіальні первинні відстійники діаметром 24 м ТП 902-2-363.83 у кількості 3 шт.;
 - 3-коридорний аеротенк з шириною коридорів 9 м і довжиною секції 108 м ТП 902-2-194, в якому перший коридор відведений під зону денітрифікації і обладнаний мішалками, а другий і третій – під зону нітрифікації і обладнані системою пневматичної середньобульбашкової аерації, необхідна кількість секцій – 3 шт.;
 - радіальні вторинні відстійники діаметром 30 м ТП 902-2-89/75 у кількості 3 шт.;
8. Накреслений аеротенк із зонами денітрифікації і нітрифікації, підібране допоміжне обладнання: пропелерні мішалки зануреного типу Wilo-EMU Махіпроп TRE 326 у кількості 7 шт. і повітродувки ТВ-300-1,6-В2.У2 максимальною продуктивністю 300 м³/хв у кількості 2 шт., враховуючи резервну;

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

9. Розглянуті способи безпечної утилізації відходів технологічного процесу – сирого осаду з первинного відстійника, надлишкового активного мулу і піщаної пульпи. Запропонована обробка органічних осадів у аеробному стабілізаторі з наступним зневодненням, висушуванням і можливістю реалізації у виробництві органічних добрив;
10. Наведені вимоги Закону України «Про охорону праці» та ДБН В.2.5-75:2013 до охорони праці при обслуговуванні та проведенні описаних технологічних процесів.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України від 1 січня 2020 р. № 2697-VIII. Відомості Верховної Ради України. 2019 р. № 16. Ст.70.
2. Очисні споруди КП “Луцькводоканал” реконструюють за кошти Європейського інвестиційного банку [Електронний ресурс] // Луцька міська рада. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.lutskrada.gov.ua/publications/ochysni-sporudy-kp-lutskvodokanal-rekonstruiuiut-za-koshty-ievropeiskoho-investytiinoho-banku>.
3. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у волинській області за 2018 рік [Електронний ресурс] // Управління екології та природних ресурсів Волинської облдержадміністрації. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://voladm.gov.ua/article/regionalna-dopovid-pro-stan-dovkillya/>
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у волинській області за 2019 рік [Електронний ресурс] // Управління екології та природних ресурсів Волинської облдержадміністрації. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://voladm.gov.ua/article/regionalna-dopovid-pro-stan-dovkillya/>
5. Гуменюк В. Звіт про управління КП "Луцькводоканал" за 2019 рік [Електронний ресурс] / Віктор Гуменюк – Режим доступу до ресурсу: http://vd.lutsk.ua/sites/default/files/zvit_pro_upravlinya.pdf.
6. Таубе П. Р. Химия и микробиология воды / П. Р. Таубе, А. Г. Баранова. – Москва: Высшая школа, 1983. – 280 с.
7. Сабадаш В. В. Адсорбційне очищення стічних вод від ПАР [Електронний ресурс] / В. В. Сабадаш // Національний університет “Львівська політехніка”. – 2014. – Режим доступу до ресурсу:

					<i>ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ</i>	Арк.
						99
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

<http://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/4118/sabadash0.pdf>.

8. Россінський В. М. Вплив поверхнево-активних речовин на процеси денітрифікації при біологічному очищенні стічних вод/ В. М. Россінський, Л. А. Саблій. // Комунальне господарство міст. – 2016. – №126. – С. 32–36.
9. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування [Чинний від 01.01.2014 р.] Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 223 с.
10. Ammary B. Nutrients requirements in biological industrial wastewater treatment / Bashaar Y. Ammary. // African Journal of Biotechnology. – 2004. – №3. – С. 236–238.
11. Долина Л. Ф. Очистка сточных вод от биогенных элементов: Монография / Л. Ф. Долина. – Днепропетровск: Континент, 2011. – 198 с.
12. Characteristics of Biological Nitrogen Removal in a Multiple Anoxic and Aerobic Biological Nutrient Removal Process / H. Wang, Y. Guan, L. Li, G. Wu. // BioMed Research International. – 2015. – №2015. – С. 1–8.
13. Ogunlaja O. Impact of Biological Nutrient Removal Process Operating and Design Conditions on the Removal of Micropollutants from Wastewater : дис. докт. техн. наук / Ogunlaja Olumuyiwa Omotola – Waterloo, 2015. – 292 с.
14. Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю. В. Воронов, С. В. Яковлев. – Москва: АСВ, 2006. – 706 с.
15. Sablii L. Using of Lemna minor for Polluted Water Treatment from Biogenic elements / L. Sablii, M. Korenchuk, M. Kozar. // Biotechnologia Acta. – 2019. – №5. – С. 79–84.
16. Case Studies on Implementing Low-Cost Modifications to Improve Nutrient Reduction at Wastewater Treatment Plants [Електронний ресурс] // U.S. Environmental Protection Agency. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/case_studies_on_implementing_low-

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						100
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

cost modification to improve potw nutrient reduction-combined 508 -
_august.pdf.

17. Про затвердження Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами: Постанова Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 р. № 465. Дата оновлення: 30.10.2013 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/465-99-%D0%BF#Text> (дата звернення: 15.04.2021).
18. Мацнєв А. І. Практикум з моніторингу та інженерних методів охорони довкілля. / А. І. Мацнєв, С. Б. Проценко, Л. А. Саблій. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. – 464 с.
19. Seviour R. Microbial Ecology of Activated Sludge / R. Seviour, P. Nielsen. – London, UK: IWA Publishing, 2010. – 684 с.
20. Голубовская Э. К. Биологические основы очистки воды / Э. К. Голубовская. – Москва: Высшая школа, 1978. – 268 с.
21. Кузнецов А. Е. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие в 2 т. Т. 1 / А. Е. Кузнецов. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 629 с. – (2-е изд.).
22. Chen H. Disentangling Community Structure of Ecological System in Activated Sludge: Core Communities, Functionality, and Functional Redundancy / H. Chen, M. Wang, S. Chang. // Microbial Ecology. – 2020. – №80. – С. 296–308.
23. Nitrous oxide emission during wastewater treatment / [M. Kampschreur, H. Temmink, R. Kleerebezem та ін.]. // Water research. – 2009. – №43. – С. 4093–4103.
24. Koivuranta E. Optical monitoring of flocs and filaments in the activated sludge process [Електронний ресурс] / Elisa Koivuranta // Acta Univ. Oul.. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/303457240_Optical_monitoring_of_flocs_and_filaments_in_the_activated_sludge_process.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						101
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

25. Naughton C. Activated Sludge [Електронний ресурс] / С. Naughton, О. Rousselot. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.waterpathogens.org/book/activated-sludge>.
26. Сидорова Л. П. Очистка сточных и промышленных вод. Часть II. Биохимическая очистка. Активный ил. Оборудование [Електронний ресурс] / Л.П. Сидорова, А.Н. Снигирева. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://study.urfu.ru/Aid/Publication/13594/1/Sidorova_Snigireva_.pdf.
27. Мурыгина В. П. Роль нитчатых микроорганизмов в процессах пенообразования на сооружениях очистки сточных вод / В. П. Мурыгина, С. В. Калюжный. // Успехи современной биологии. – 2004. – №124. – С. 77–92.
28. Про затвердження Правил технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України: наказ Держжитлокомунгосп України від 05.07.1995 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-95#Text>
29. Гидравлические аспекты реализации технологий нитри-денитрификации и биологического удаления фосфора в аэротенках [Електронний ресурс] / А. В. Смирнов, Е. В. Гомозова, М. А. Есин, А. Н. Христенко. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://myproject.msk.ru/ru/my-project/stati/gidravlicheskie-aspekty-realizacii-tehnologij-nitri-denitrifikacii/>.
30. Методика определения основных технологических параметров сооружений систем водоснабжения и водоотведения, очистки сточных вод и обработки осадка. Раздел 2. Том 2. Водоотведение, очистка сточных вод и обработка осадка – Москва: ТКГруппа, 2014. – 356 с.
31. ДСТУ 7369:2013. Вимоги до стічних вод і їхніх осадів для зрошування та удобрення [чинний від 2013-08-22]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 10 с.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						102
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

32. Саблій Л. А. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Біотехнології очищення води» напряму підготовки 6.051401 - біотехнологія. / Л. А. Саблій, С. Д. Бойчук, В. С. Жукова. – Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 58 с.
33. Баженов В. И. Погружные мешалки как перспективное направление научно-исследовательских работ / В. И. Баженов, С. М. Божьева. // Инженерный вестник. – 2015. – №7. – с. 19-28.
34. Каталог 2019/2020 Оборудование для очистки сточных вод [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://cms.media.wilo.com/cdndoc/wilo353028/4038947/wilo353028.pdf>.
35. Очистные сооружения канализации. Часть 5. Расчет нитрификатора-денитрификатора. Методические указания к курсовому и дипломному проектам для студентов специальности 290800 «Водоснабжение и водоотведение» всех форм обучения. / [Г. Т. Амбросова, О. П. Цветкова, О. В. Ксенофонтова та ін.]. – Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2005. – 35 с.
36. Пособие к СНиП 2.04.03-85 Проектирование сооружений для очистки сточных вод/Всесоюз. комплекс, н.-и. и конструктор.-технолог. ин-т водоснабжения, канализации, гидротехн. сооружений и инж. гидрогеологии. – Москва: Стройиздат, 1990. – 192 с.

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						103
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Специфікація обладнання та КВП

Позиція	Позначення, марка	Найменування	Кількість	Маса, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6
ПЗ-1		Виносний повітрязабірник висотою 5 м.	1		За власним кресленням
Ф-2	ФяР	Фільтр грубого очищення повітря. Фільтрувальний матеріал – гофровані металеві сітки, змащені вісциновим маслом. Регенерація фільтрувального матеріалу – при перепаді тиску на фільтрі більше 50 Па. Пропускна здатність 2700 м ³ /год.	5	4,3	Збірний
КВП-2.1	DPG MM100	Диференційний манометр. Діапазон вимірювань -20-+100 Па. Виробник ТОВ «НАА «ФОЛТЕР», Росія.	2	0,4	Збірний
КВП-2.2, КВП-43.1	SHC500 GRAWIMAT	Пиломір гравіметричний стаціонарний з діапазоном вимірювання 0,1-200 мг/дм ³ для вимірювання запиленості повітря. Виробник «Erwin Sick GmbH, Optik Electronic», ФРН.	2	0,5	Збірний
КВ-3	TB-300-1,6- B2.Y2	Відцентровий компресор продуктивністю 300 м ³ /хв. Тиск повітря на виході 0,16 МПа. Потужність – 337 кВт. Габаритні розміри – 3870x1790x1740 мм. Виробник АТ «Завод Узбекхиммаш», Росія.	3	8510	Збірний

КВП-3.1	PGT43H.160	Мембранний манометр. Діапазон вимірювання 0-250 мбар. Виробник ТОВ «Зелаз», Росія.	2	0,4	Збірний
Т-4		Кожухотрубний теплообмінник для охолодження стисненого повітря та відділення конденсату.	3	44	Збірний
Д-5	Дозатор ДЖ	Дозатор рідини. Межі дозування 50-99999 дм ³ . Потужність 50 Вт. Похибка 1%. Габаритні розміри 340×335×156 мм. Виробник ТОВ "Тераинвест", Росія.	2	5	Збірний
Р-6, Р-9	ВЕЕ 00.03	Реактор з відкритою турбінною мішалкою. Номінальний об'єм – 0,4 м ³ . Умовний тиск 0,3 МПа. Виробник ТОВ «ГК ЄВРОХІММАШ К.О.», Україна	4		Збірний
КВП-9.1, КВП-15.1, КВП-24.1	ЛК 40Г	Лічильники води. Максимальна об'ємна витрата 20 м ³ /год. Найменша ціна поділки 0,001 м ³ . Виробник ТОВ «Novator», Україна	4	5,5	Збірний
Н-7, Н-10, Н-13	MS1C138B31 C4000	Мембранний насос-дозатор. Максимальна продуктивність 220 дм ³ /год. Потужність 25 Вт. Габаритні розміри 309 x 230 x 410 мм. Виробник Seko, Італія.	6	5	Збірний
Д-8, Д-14		Ваговий дискретний дозатор-витратомір для сипучих речовин. Продуктивність 5 т/год. Точність дозування 0,1%. Виробник НПП «Техноваги».	4	10	Збірний

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						105
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Д-11		Ваговий дискретний дозатор-витратомір для рідин. Продуктивність до 50 т/год. Похибка дозування 1%. Виробник НПП «Техноваги», Україна.	2	10	Збірний
Р-12	ВЕЕ 00.03	Реактор з відкритою турбінною мішалкою. Номінальний об'єм – 6,3 м³. Умовний тиск 0,3 МПа. Виробник ТОВ «ГК ЄВРОХІММАШ К.О.», Україна.	2	700	Збірний
Р-15	ВЕЕ 00.03	Реактор з відкритою турбінною мішалкою. Номінальний об'єм – 3 м³. Виробник ТОВ «ГК ЄВРОХІММАШ К.О.», Україна.	2	500	Збірний
РЕ-16	ОSEC B2	Електролізна установка для отримання розчину гіпохлориту натрію з 2% розчину хлориду натрію. Продуктивність за активним хлором 10 кг/год. Концентрація розчину гіпохлориду натрію 6 г/дм³. Потужність 5 кВтч на кг хлору. Габаритні розміри 1500x1950x1300 мм. Виробник «Evoqua Water Technologies», США.	2	565	Збірний
З-17		Збірник розчину гіпохлориту натрію. Об'єм 3 м³.	1	320	Збірний
Н-18	Kosmo MM2	Насос мембранний максимальною продуктивністю 2300 л/год. Потужність 1,1 кВт. Виробник Seko, Італія.	2	160	Збірний

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						106
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

КВП-19.1, КВП-28.1, КВП-30.1	FLOWBOX	Лоток Вентурі і ультразвуковий витратомір для контролю витрати стічних вод міста. Точність 0,25%.	3	54	Збірний
МР-19	РГО	Механічна грабельна решітка грубого очищення. Ширина прозорів 16 мм. Номінальна ширина і глибина каналу 1000 мм. Максимальна продуктивність решітки за водою – 1607 м ³ /год, продуктивність по затриманих домішках – 4,2 м ³ /добу. Потужність приводу 0,37 кВт. Габаритна товщина 785 мм. Виробник ТПП «Екополімер», Росія.	3	650	Неірж. сталь AISI 304
ТР-20	ЕВК200	Гвинтовий конвеєр для транспортування затриманого на решітках сміття до пресу. Продуктивність 2 м ³ /год. Потужність приводу 2,2- 5,5 кВт. Виробник ТПП «Екополімер», Росія.	2	320	Неірж. сталь AISI 304
ПР-21	ЕПВП 2	Прес гвинтовий для пресування сміття, затриманого на решітках. Діаметр шнека 220 мм. Потужність приводу 2,2 кВт. Виробник ТПП «Екополімер», Росія.	2	560	Неірж. сталь AISI 304
С-22		Контейнер для збору зневодненого сміття від решіток. Об'єм 2 м ³ .	2	70	Збірний

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						107
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Н-23	Duotek AF7	Насос мембранний продуктивністю 8 дм ³ /хв. Створюваний тиск 8 бар. Виробник Seko, Італія.	2	175	Збірний
П-24	ТП 902-2-331, тип VIII	Горизонтальна пісколовка з круговим рухом води діаметром 6 м і пропускною здатністю 40 64 тис. м ³ /добу. Видалення піщана пульпа видаляється гідроелеватором. Ширина лотка 1800 мм. Розрахунковий добовий об'єм осаду 5,12 м ³ /добу.	2		Збірний
В-25	ТП 902-2-363.83	Первинний радіальний відстійник зі збірного залізобетону діаметром 24 м. Гідравлічна глибина 3400 мм, глибина зони відстоювання 3100 мм. Висота зони осаду 300 мм, діаметр мулового прямоку 6000 мм. Діаметр підвідного і відвідного трубопроводів 900 і 600 мм відповідно. Передбачені відцентрові насоси ФГ-216/24 для видалення спливаючих речовин зі спеціального збірника.	3		Збірний
Н-26, Н-37	НП-50В	Плунжерний насос. Продуктивність 50 м3/год. Напор 0,3 МПа. Потужність 11 кВт. Виробник ТОВ НПО «ЭКОВОДПРОМ», Росія.	6	1730	Збірний

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						108
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

A-27	ТП 902-2-194	3-коридорний аеротенк-вентиснювач з шириною коридорів 9 м, робочою глибиною 4,4 м та довжиною секції 108 м. Перший коридор кожної секції відведений під денітрифікатор обладнаний мішалками Wilo-EMU Maxiprop TRE 326 у кількості 7 шт., а інші 2 – під нітрифікатор з системою аерації у вигляді перфорованих труб умовного діаметру 100 мм, діаметром отворів 3 мм, кількістю отворів на 1 м – 120 шт., довжиною 7,1 м.	3 секції		Збірний
КВП-24.1, КВП-34.1, КВП-35.1, КВП-42.1	ЕЕ776	Витратомір стисненого повітря і газових середовищ зануреного типу. Умовний діаметр 250 мм. Вимірювальний діапазон 38.3...19163 Нм3/год. Точність $\pm 1,5\%$. Виробник E+E Elektronik, Німеччина.	6	5,5	Збірний
H-28	Duotek AF160	Мембранний насос для перекачування мулової суміші з нітрифікатора до денітрифікатора. Максимальна продуктивність 170 дм3/хв. Створюваний тиск 8 бар. Виробник Seko, Італія.	2	250	Збірний
B-29	ТП 902-2-89/75	Вторинні відстійники радіального типу діаметром 30 м, гідравлічна глибина 3400 мм.	3		Збірний

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						109
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Н-30, Н-31, Н-39	Duotek AF65	Мембранні насоси. Максимальна продуктивність 80 дм³/хв. Створюваний тиск 8 бар. Виробник Seko, Італія.	6	130	Збірний
КВП-31.1	Promag 55S	Електромагнітний витратомір для неоднорідних рідин. Робочий діапазон до 9600 м³/год. Виробник Endress+Hauser, Швейцарія	2	5,6	Збірний
БС-32		Біологічні ставки для з виросуванням ряски для доочищення стічної води. Глибина 1,5 м. Надлишок ряски видаляється з водної поверхні насосами- скімерами			За власним кресленням
Л-33		Змішувач типу лотка Паршала типової конструкції для станцій продуктивністю 32-80 тис. м³/добу. Довжина 6,6 м.	1		Збірний
КВП-33.1	PC50-36	Електромагнітний витратомір. Максимальна продуктивність 30 м³/год. Похибка ±2%. Виробник ГК «Теплоприбор», Росія.	2	3,5	Збірний
КР-34	ТП 902-3-22	Контактний резервуар шириною секції 6 м, довжиною 18 м, робочою глибиною 3,2 м, кількістю секцій 4 шт. і максимальною витратою 2578 м³/год. Встановлена система аерації з перфорованих труб з питомою витратою повітря 0,6 м³/ м³.	2		Збірний

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						110
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

АС-35	ТП 902-3-058.87	Аеробний стабілізатор продуктивністю за сухою речовиною осадів 18 т/добу. Кількість секцій стабілізатора шириною 9 м – 3 шт., довжина секцій – 51 м. Гідравлічна глибина – 4,7 м.	1		Збірний
МУ-36	ТП 902-3-058.87	Мулоущільнювач шириною 9 м і довжиною 3 м за типовим проектом примикає до нижньої частини мінералізатора і має двобункерне днище з кутом нахилу стінок 55° до горизонту. Суміш осадів зони аерації потрапляє до мулоущільнювача через вікна в перегородці, які перекриваються щитовими затворами. Осад видаляється під гідростатичним тиском.	1		Збірний
З-38		Збірник для накопичення ущільненого стабілізованого осаду об'ємом 30 м ³ .	1	670	Збірний
Р-40	ВЕЕ 00.10	Реактор-змішувач з рамною мішалкою для кондиціонування осаду. Об'єм номінальний 32 м ³ . Виробник ТОВ «ГК ЄВРОХІММАШ К.О.», Україна.	2	720	Збірний
ФП-41	ЭФП-Л	Фільтр-прес стрічковий з максимальною продуктивністю 16 м ³ /год, шириною фільтруючого полотна 1000 мм. Початкова вологість осаду 97%, вологість кеку 72-80%. Потужність 3,73 кВт. Габаритні розміри	2	4940	Збірний

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						111
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

		1800x2985x5100 мм. Виробник ТПП «Экополимер», Росія.			
ТР-42		Стрічковий конвеєр для транспортування кеку від фільтр пресу до завантажувальної камери сушарки продуктивністю по кеку 15 т/год.	2	120	Збірний
С-43	СВС-3,5-5 ТП 902-2-319.	Сушарка із зустрічними потоками для висушування і знезаражування осаду. Сушильний агент – топкові гази, які утворюються при спалюванні природного газу в камерах згоряння корпусу сушарки. Початкова температура топкових газів – 600-800°C, кінцева - 80°C. До корпусу сушарки входять приймальна камера зі шнековими підживлювачами, розгінна труба, пневмотруба, класифікатор, бункер вологого осаду, бункер ретур, бункер висушеного осаду. Кінцева вологість осаду – 40%.	1		Збірний
КВП-43.1, КВП-43.2	ТС10-В	Термопара. Діапазон вимірювання -40 ... +1200 °C. Виробник ТОВ «Wika», Україна.	4	1,2	Збірний
СК-44		Скрубер для очищення відпрацьованих топкових газів від винесеного з сушарки пилу.	2		Збірний

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						112
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ГЦ-47	ГЦП-250	Напірний гідроциклон для відділення піску від органічної фракції піщаної пульпи. Діаметр 250 мм. Продуктивність при тиску 0,25 МПа – 50 м ³ /год. Габаритні розміри 400х423х1060 мм. Виробник ТОВ «ЦИКЛОН ПЛЮС», Росія.	1	83	Збірний
С-48		Пісковий бункер для ущільнення піску. Об'єм 25 м ³ .	1	870	Збірний
ММ-51		Аварійний муловий майданчик для підсушування (до 70-ї вологості) і складування 20% від річної кількості аеробно стабілізованого осаду. Обладнаний дренажною системою.	1		За власним кресленням
Н-52	DRP 5-550	Дренажний насос. Продуктивність 6 м ³ /год, напір 7,5 м. Потужність 0,55 кВт. Виробник Rudes, Китай.	2	3,5	Збірний

					ЕКБ.БЕ7119.ДП.ПЗ	Арк.
						113
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		