

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

В.о.зав. кафедри екології, доц.

_____ Вікторія КАЦЕВИЧ

«_____» _____ 20__ р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр»

на тему: «Екологічне обґрунтування технології очисних споруд системи водовідведення в смт. Софіївка Криворізького району Дніпропетровської області»

Виконала: здобувачка вищої освіти 2 курсу,
групи МГЕ-1-22 спеціальності 101 Екологія
_____ Кристина ГЕРВОЛЬСЬКА

Керівник: к.б.н., доц. Таміла АНАНЬЄВА

Рецензент: Ph.D. Олег НЕСТЕРЕНКО

Дніпро-2023

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о.зав. кафедри екології, доц.

Вікторія КАЦЕВИЧ

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу для здобуття освітнього ступеня «Магістр»
здобувачці вищої освіти
Гервольській Кристині Анатоліївні

1. Тема проекту (роботи) «Екологічне обґрунтування технології очисних споруд системи водовідведення в смт. Софіївка Криворізького району Дніпропетровської області»

керівник роботи: Ананьєва Т. В., к.б.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по ДДАЕУ від «10» жовтня 2023 р. № 3057.

2. Термін здачі здобувачем вищої освіти закінченого проекту (роботи): «18» грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) розрахункові параметри очисних споруд системи водовідведення смт. Софіївка Криворізького району Дніпропетровської області.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ. 1 Огляд літератури; 2 Фізико-географічна характеристика району дослідження; 3 Матеріали та методи дослідження; 4 Результати досліджень та їх обговорення; 5 Охорона праці.

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

Рисунків – 6

Таблиць – 17

Використаної літератури – 19

Розділів – 6

Сторінок – 72

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН РОБІТ

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ.	11.09.23 – 13.09.23	виконано
2.	Огляд літератури.	15.09.23 – 30.09.23	виконано
3.	Фізико-географічна характеристика району дослідження	03.10.23 – 12.10.23	виконано
4.	Матеріали та методи дослідження	20.10.23 – 15.11.23	виконано
5.	Результати дослідження та їх обговорення.	16.11.23 – 21.11.23	виконано
6.	Економічна частина	22.11.23 – 25.11.23	виконано
7.	Охорона праці	25.11.23 – 01.12.23	виконано
8.	Висновки	02.12.23 – 06.12.23	виконано
9.	Оформлення роботи	13.12.23– 15.12.23	виконано

Здобувачка вищої освіти

(підпис)

/Гервольська К.А./

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

/Ананьєва Т.В./

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Повний обсяг роботи – 72 сторінки друкованого тексту, включаючи 6 рисунків та 17 таблиць. Перелік посилань містить 19 найменувань.

Мета роботи – на підставі аналізу хімічного складу міських стічних вод та обсягів виносу забруднюючих речовин в навколишнє середовище запропонувати оптимізовану технологічну схему очисних споруд системи водовідведення смт. Софіївка Криворізького району Дніпропетровської області.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси очищення комунально-побутових стічних вод та принципи проектування очисних споруд.

Предмет дослідження – розрахункові параметри очисних споруд системи водовідведення смт. Софіївка Криворізького району Дніпропетровської області.

Завдання роботи:

1. Провести аналіз хімічного складу каналізаційних стічних вод смт. Софіївка.
2. Провести розрахунки параметрів споруд механічної очистки стічних вод.
3. Обґрунтувати параметри споруд біологічної очистки стічних вод.
4. Розрахувати оптимальні параметри споруд накопичення і обробки осадів побутових стічних вод.
5. Запропонувати схему розміщення та технології використання очисних споруд в системі водовідведення.
6. Оцінити вплив очисних споруд системи водовідведення у смт. Софіївка на стан навколишнього природного середовища

Методи дослідження: розрахункові, аналітичні, методи спостереження.

Під час проектування очисних споруд смт. Софіївка враховували

показники хімічного складу каналізаційних стічних вод, що зумовлюють винос забруднюючих речовин у навколишнє середовище (г/добу) в перерахунку на одного мешканця: завислі речовини, біохімічне споживання кисню, амонійний азот, фосфати, хлориди, синтетичні поверхнево-активні речовини. Розрахункові параметри споруд механічної очистки стічних вод склали: площа живого перерізу піскоуловлювача – $0,04 \text{ м}^2$, довжина робочої частини піскоуловлювача – $15,7 \text{ м}$, затриманий у первинному відстійнику осад – $0,09 \text{ м}^3/\text{год}$. Розрахункові параметри споруд біологічної очистки стічних вод – аеротенки: період аерації – $1,33 \text{ год}$, витрата повітря – $11954 \text{ м}^3/\text{добу}$, площа – $30,37 \text{ м}^2$, інтенсивність аерації – $16,4 \text{ м}^3 \cdot \text{год}/\text{м}^2$, число аераторів – 15 шт. ; метатенки: витрата сухого осаду – $48,8 \text{ м}^3/\text{добу}$, витрата надлишкового активного мулу – $86,6 \text{ м}^3/\text{добу}$, витрата осаду за сухою речовиною – $5,48 \text{ т}/\text{добу}$, витрата осаду за обсягом суміші фактичної вологості – $134,6 \text{ т}/\text{добу}$, об'єм метантенка – 1346 м^3 . Визначені параметри вторинних відстійників: витрата стічних вод – $69 \text{ м}^3/\text{год}$, кількість збиткового активного мулу – $126,5 \text{ мг}/\text{л}$, гідравлічне навантаження – $2,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2/\text{год})$; повна і корисна площа полів фільтрації – $388,66 \text{ га}$ і $17,02 \text{ га}$ відповідно, та полів зрошення – $140,38$ і $12,76 \text{ га}$ відповідно. Навантаження осаду на мулові і піскові майданчики відповідно складає $2,22$ і $0,1 \text{ м}^3/\text{м}^2$

Ключові слова: СТІЧНІ ВОДИ, ОЧІСНІ СПОРУДИ, МЕХАНІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ, БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ, ОБРОБКА ОСАДІВ.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Поняття «стічні води». Утворення міських стічних вод.....	9
1.2 Характеристика забруднень.....	12
1.3 Загальна характеристика методів очистки стічних вод.....	13
1.4 Споруди для механічного очищення стічних вод.....	14
1.5 Споруди для біологічного очищення стічних вод.....	16
1.6 Споруди накопичення та обробки осадів.....	18
2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
2.1 Загальні відомості про досліджувану територію.....	24
2.2 Природно-кліматичні умови території.....	25
2.3 Рельєф місцевості, геологічні та гідрогеологічні умови території.....	25
2.4 Гідрологія.....	26
3 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	28
3.1 Розрахунок параметрів споруд механічної очистки.....	28
3.1.1 Приймальна камера.....	28
3.1.2 Піскоуловлювачі.....	29
3.1.3 Первинні відстійники.....	29
3.2 Розрахунок параметрів споруд біологічної очистки стічних вод.....	30
3.2.1 Аеротенки.....	30
3.2.2 Метантенки.....	32
3.2.3 Вторинні відстійники.....	34
3.2.4 Біологічні ставки.....	35
3.2.5 Поля фільтрації та зрошення.....	35
3.3 Розрахунок параметрів споруд накопичення та обробки осадів.....	36

3.3.1 Мулові майданчики.....	36
3.3.2 Піскові майданчики.....	36
4 РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	38
4.1 Хімічний склад каналізаційних стічних вод.....	38
4.2 Розрахунок параметрів споруд механічної очистки стічних вод.....	40
4.2.1 Приймальна камера.....	40
4.2.2 Піскоуловлювачі.....	40
4.2.3 Первинні відстійники.....	42
4.3 Розрахунок параметрів споруд біологічної очистки стічних вод.....	43
4.3.1 Аеротенки.....	43
4.3.2 Метантенки.....	45
4.3.3 Вторинні відстійники.....	47
4.3.4 Біологічні ставки.....	49
4.3.5 Поля фільтрації та зрошення.....	49
4.4 Розрахунок параметрів споруд накопичення і обробки осадів.....	51
4.4.1 Мулові майданчики.....	51
Піскові майданчики.....	51
4.5 Аналіз скидання зворотних вод і забруднюючих речовин у р. Кам'янку	54
5 Економічна частина.....	58
6 Охорона праці.....	62
ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	69
ДОДАТКИ.....	71

ВСТУП

Очистка стічних вод від побутових, комунальних і виробничих відходів є важливим питанням в наш час. Вода є ресурсом, завдяки якому існує наше життя на планеті. Так, як зростає кількість людей на Землі, тому і зростає світовий попит на прісну воду. Багато людей зараз страждає через дефіцит води, адже вода може впливати не тільки на життя та здоров'я людей, а й на життя рослин, тварин і мікроорганізмів.

Важливою проблемою на сьогодні є не повністю очищені або взагалі неочищені стічні води. Для її ліквідації, необхідно влаштувати на забруднених територіях очисні споруди. Тому необхідно провести ряд розрахунків споруд механічної, біологічної і накопичення та обробки осадів.

Мета роботи – на підставі аналізу хімічного складу міських стічних вод та обсягів виносу забруднюючих речовин в навколишнє середовище запропонувати оптимізовану технологічну схему очисних споруд системи водовідведення смт. Софіївка Криворізького району Дніпропетровської області.

Завдання роботи:

1. Провести аналіз хімічного складу каналізаційних стічних вод смт. Софіївка.
2. Провести розрахунки параметрів споруд механічної очистки стічних вод.
3. Обґрунтувати параметри споруд біологічної очистки стічних вод.
4. Розрахувати оптимальні параметри споруд накопичення і обробки осадів побутових стічних вод.
5. Запропонувати схему розміщення та технології використання очисних споруд в системі водовідведення.
6. Оцінити вплив очисних споруд системи водовідведення у смт. Софіївка на стан навколишнього природного середовища.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Поняття «стічні води». Утворення міських стічних вод

Стічними водами називають такі води, що є різними за походженням, складом, фізико-хімічними властивостями. Вони можуть бути використані людством у технологічних і побутових потребах. Стічні води забруднюються, а отже, і фізико-хімічні властивості змінюються. Вони дуже різноманітні за своїм складом та властивостями.

Стічні води бувають:

- побутовими,
- господарсько-побутовими,
- виробничими,
- атмосферними,

Можна зустріти у комунальних, житлових, адміністративних будинках, побутовому приміщенні.

Можуть бути забрудненими фізіологічними виділеннями людей, господарськими відходами, що виступають залишками продуктів харчування: мило, пісок, пральні засоби, папір, тканина тощо.

Господарсько-побутовими стічними водами називають кухонні, банно-пральні і каналізаційні стоки, що є сумішшю сечі та фекалій. Вони збираються зазвичай в каналізаційних системах і направляються до спеціалізованих очисних споруд, де відбувається очищення від забруднень і шкідливих речовин перед скиданням та повторним використанням. Цей процес є важливим для забезпечення санітарних та екологічних стандартів у водних системах та підтримання якості водних ресурсів [1].

Виробничі стічні води можуть утворюватися в процесі виробництва різних товарів, продуктів, виробів, матеріалів та інші. Виробничі стічні води

різноманітні за кількістю та складом, що залежить від виду виробництва сировини і технології, яку застосовують. Забруднення виробничих стічних вод можуть бути перераховані за категоріями: забруднення малотоксичними солями, нестійкими органічними сполуками, речовинами зі специфічними токсичними властивостями, нафтопродуктами, важкими металами, біогенними сполуками, жорсткими біологічними синтетичними органічними сполуками, які не розкладаються.

Атмосферні опади, або дощові стоки, є водою, яка випадає як дощ, сніг, град чи інші атмосферні опади, що зосереджуються на поверхні землі. Ці опади можуть збиратися і стікати по поверхні, змиваючи різні забруднення та сміття, що знаходяться в напрямі їх стоку. Зазвичай атмосферні опади не розглядаються як стічні води у звичайному розумінні цього терміну, оскільки вони не утворюються в результаті побутової, промислової чи комерційної діяльності, та їх склад може бути різноманітним залежно від розташування та атмосферних умов. Атмосферні опади можуть змивати з поверхні землі різні забруднення та потрапляти у водні джерела, що може вимагати заходів щодо охорони навколишнього середовища і водних ресурсів для запобігання забруднення.

За складом та характером очисних споруд можна вибрати методи очищення та зобразити схему споруд очистки. Стічні води можуть містити забруднення та класифікуватися за різними ознаками, походженням і фізико-дисперсним станом. Стічні води перед скиданням очищаються на очисних спорудах. Тому необхідно знати склад та якість цих вод [4].

Забруднення за походженням бувають мінеральними, бактеріальними, біологічними і органічними.

Мінеральними забрудненнями називають забруднення, що включають в себе пісок, солі, кислоти, глинисті частинки, луги, шлаки, мінеральні масла тощо [4].

Бактеріальним забрудненням стічних вод називають забруднення, в якому вода може містити патогенні мікроорганізми і бактерії, шкідливі для

здоров'я населення та навколишнього середовища. Забруднення виникає із побутових і промислових стічних вод.

Бактеріальне забруднення має негативний вплив на питну воду і природне довкілля, включаючи водні ресурси. Бактерії можуть викликати в людей безліч захворювань, таких як дизентерія, холера і багато інших.

Використовуючи спеціальні системи очистки, можна уникнути бактеріального забруднення, очищуючи воду перед викидом у водне джерело. Використання біологічних очисних споруд, ультрафільтрації та хімічної обробки є найбільш ефективними методами очищення. Необхідна правильна обробка та видалення, дотримання вимог гігієни і санітарних норм.

Біологічним забрудненням стічних вод називають забруднення біологічними речовинами, що можуть мати негативний вплив на екосистему. Це можуть бути рослинні рештки, сполуки азоту і фосфору, тваринні рештки, органічні речовини, віруси, бактерії.

Біологічне забруднення є наслідком неефективної очистки стічних вод, які скидають у водне джерело. Якщо у водне джерело скидаються води без достатньої очистки, то ці води можуть спричинити великі проблеми зі здоров'ям у населенню та вплинути на екосистему.

Рекомендується використовувати ефективні системи очистки стічних вод перед їх викидом у річку. Вони містять хімічну обробку, процес фільтрації.

Органічними забрудненнями називають забруднення рослинного та тваринного походжень. Забруднення рослинного походження включає рештки овочів, фруктів, злаків, папір тощо. Основний хімічний елемент є вуглець. Забрудненнями тваринного походження можуть бути жирові і м'язові залишки тканин тварин, фізіологічні виділення тварин і людей, клейові речовини тощо. Органічні речовини за хімічними особливостями – без азотисті, азотовмісні.

Основою безазотистих органічних домішок є господарсько-побутові стічні води, що в своєму складі мають вуглеводи та жири. Вуглеводами можуть бути: моносахарид-глюкоза, лактоза, дисахарид-сахароза. Компонентами господарсько-побутових стічних вод виступають полісахариди целюлоза та крохмаль, що не можуть розчинятися у воді.

Вміст забруднюючих речовин у стічних водах на заводах чорної металургії на окремих цехах має значення: завислі неорганічні речовини 0,2–5 г/л, окалина 0,3–2 г/л, феноли 0,7–1 г/л, смола і олії 0,2–1,8 г/л [1].

1.2 Характеристика забруднень

Розповсюдженим типом забруднення стічних вод є нерозчинні домішки (завислі речовини).

В одному літрі стічних вод відносна кількість завислих речовин може коливатись у межах від 0.005 до 0.5 % її маси. Густина та розміри окремих частинок нерозчинних домішок дуже різноманітна.

Забруднення бувають мінеральними, органічними і біологічними.

Мінеральними забрудненнями можуть бути пісок, глина, зола, шлак, кислоти, луги і мінеральні олії та інші неорганічні сполуки. Вони погіршують якість та фізико-хімічний склад води, негативно впливають на екосистему водоймища та замулюють його.

Органічні забруднення можуть мати різні речовини рослинного і тваринного походжень. До цієї групи відносять смоли, феноли, барвники, спирти, альдегіди, отруйні речовини і сполуки, пестициди, що скидають у водоймище та інші.

Біологічне забруднення являє собою забруднення вірусними і бактеріальними інфекціями, що скидаються у воду побутовими відходами і відходами виробництв.

Використання цих води для побутового вжитку може призвести до важких захворювань, таких як холера, черевний тиф, гельмінтози та інші.

Радіоактивні шкідливі речовини забруднюють водоймища та природні води, порушують екологічну рівновагу і негативно впливають на біологічні ресурси [2].

1.3 Загальна характеристика методів очистки стічних вод

Очистка стічних вод – важливий процес для збереження навколишнього середовища та подачі безпечної води назад в водні ресурси. Існує кілька методів очистки стічних вод, зазвичай вони використовуються в поєднанні для досягнення оптимального результату. Ось деякі з основних методів:

Механічна очистка стічних вод – включає в себе фізичні процеси для видалення суспендованих твердих частинок зі стічних вод. Сюди входить механічне фільтрування, ситкування та осадження частинок у вигляді бруду або осаду.

Біологічні методи використовуються для розкладання органічних забруднень у стічних водах за допомогою мікроорганізмів, таких як бактерії та водорості. Популярні методи цього типу включають використання активного мулу, біологічних фільтрів та стічних ставків.

Фізико-хімічна та хімічна очистка – використання фізичних та хімічних процесів для видалення забруднень. Вона може включати в себе флокуляцію (вищільнення флокулянтами), коагуляцію (злипання частинок), аеро-водневу перекис (окиснення забруднень) та інші хімічні реакції[2].

Дієвим методом для очистки стічних вод є метод озонування, що руйнує забруднення, які не окислюються.

Біохімічне очищення використовується за допомогою мікроорганізмів, що розкладають органічні речовини, які можуть перебувати у розчиненому і колоїдному стані.

Очищення стічної води від органічних речовин – видалення забруднень органічного походження, проводиться як в біологічних, так і у штучних умовах.

Бактерії, що містяться у побутових і виробничих стоках, повністю можуть бути знищені дезінфекцією, бактерицидними променями, електролізом, хлором, а біологічним очищенням можна видалити лише частину бактерії.

Мікробний метод заснований на вирощуванні мікроорганізмів, що збільшує біохімічне розкладання і адаптований до високих концентрацій. Цей метод є ефективнішим.

Технологічна схема та метод очищення стічних вод залежить від кількості забруднення та характеру очищення стічних вод.

Ультрафільтрація та зворотний осмос – це технології, що використовують мембрани для видалення забруднень і солей зі стічних вод. Вони особливо ефективні для очистки води від розчинних хімічних сполук.

Ультрафіолетова та хлорна дезінфекція використовується для видалення бактерій та інших мікроорганізмів з очищеної води перед її повертанням назад у водні ресурси або використанням для господарсько-питного водопостачання.

Адсорбція може включати в себе використання адсорбентів, таких як активоване вугілля або інші матеріали, для видалення різних забруднень зі стічних вод [8].

1.4 Споруди для механічного очищення стічних вод

Для механічного очищення стічних вод використовуються спеціальні споруди та обладнання, які допомагають видалити суспендовані тверді частинки та інші великі забруднення зі стічних вод [1].

Ось декілька типових споруд для механічного очищення:

Сита – це переважно фільтрувальні пристрої з різними розмірами отворів, уловлення великих твердих частинок і сміття, які переносяться стічними водами. Сита можуть бути статичними або рухливими, і вони розміщені так, щоб забруднення залишалися на них, а чиста вода проходила через отвори.

Осадники або осадні басейни використовують гравітацію для осадження важких частинок і бруду. Вони сприймають стічні води та дозволяють частинкам осідати на дно, тим самим видаляючи їх зі стічних вод (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Механічна очистка стічних вод.

Гідроциклони – це пристрої, які використовують гідродинамічні сили для видалення суспендованих частинок зі стічних вод. Вони працюють на принципі обертання стічних вод, що допомагає видалити тверді частинки.

Механічні фільтри використовуються для уловлювання великих частинок і забруднень шляхом пропускання через фільтруючі матеріали стічних вод, такі як пісок, гравій або текстильні тканини.

Циклонні відстійники використовуються для видалення твердих частинок зі стічних вод циклонним рухом обертання. Частинки можуть бути видалені та осаджені.

Ці споруди часто використовуються в поєднанні для досягнення оптимальної механічної очистки стічних вод перед подальшими стадіями очищення [10].

1.5 Споруди біологічного очищення стічних вод

Шляхом біологічної очистки стічних вод з використанням життєдіяльності мікроорганізмів або окислювальних речовин, можна повністю видалити органічні забруднення, що містяться в стічних водах в розчиненому і колоїдних станах. Біологічне очищення є другим ступенем очистки стічних вод [2].

Після механічної очистки стічні води також можуть потім бути очищені на спорудах біологічної очистки:

Ці споруди можна поділити на

- споруди, очищення на яких здійснюється в природних умовах,
- споруди, очищення на яких здійснюється в штучних умовах.

Перша група включає поля фільтрації, поля зрошення, поля підземної фільтрації, піщано-гравійні фільтри та траншеї, септики, фільтрувальні колодязі, біологічні ставки. Стічні води, що відстоялися, очищаються повільно за рахунок кисню у воді і ґрунті, внаслідок, окислювальних органічних забруднень, мікроорганізмів-мінералізаторів (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 - Біологічна очистка стічних вод.

Друга група включає: циркуляційні канали, аеротенки та біологічні фільтри. В цих спорудах очищення відбувається значно швидше за рахунок, штучно створених умов (рис. 1.3).

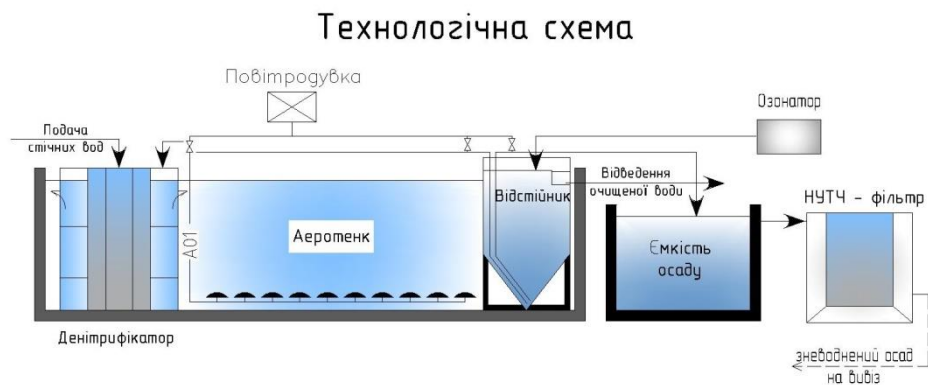


Рисунок 1.3 - Технологічна схема роботи споруд біологічного очищення стічних вод.

Штучним біологічним очищенням очищують стічні води тоді, коли за санітарними вимогами, місцевими умовами, техніко-економічними показниками біологічна очистка стічних вод недоцільна.

Природні біологічні окиснювачі можна поділити на декілька типів.

Поля фільтрації називають ділянку землі, на якій здійснюється біологічна очистка стічних вод. Використовуються з фільтрувальними ґрунтами земельних ділянок, якщо відсутня небезпека забруднення ґрунтовими водами, які використовують для пиття.

Відділення і збір фільтрованої води здійснюють за допомогою дренажу, що може бути відкритим у вигляді каналів або закритим дренажними трубами на глибині 1,5–2 м.

Поля зрошення являють собою сплановані і спеціальні ділянки, що для удобрення та зрошення використовують стічні води повного біологічного очищення.

Стічні води розподіляють до вирощувальних сільськогосподарських культур: поливом по смугах борозни.

Мета біологічного очищення стічних вод полягає в процесі фільтрування органічного забруднення, через ґрунт, що містить велику кількість мікроорганізмів, які затримуються в ньому і утворюють біологічну плівку. Плівка розчинює і колоїдні речовини, що за наявності кисню перетворюються на мінеральні сполуки [10].

1.6 Споруди для накопичення та обробки осадів

При освітленні стічних вод, окрім сміття, що затримується на ґратах і осад від піскоуловлювачів, у первинних відстійниках міських очисних споруд накопичується сірий осад, а при біологічній очистці в біофільтрах чи біоплівці – надлишковий активний мул [10].

Осад, що утворюється міськими стічними водами, має великий об'єм, неоднорідний склад, високу вологість, змінні властивості. У ньому містяться

органічні речовини, що здатні загнивати, заражені бактеріальною мікрофлорою і яйцями гельмінтів. Осади міських стічних вод являють собою важко фільтровані мулові суспензії.

Вологість і кількість осадів залежить від режиму експлуатації, типу, ефективності роботи споруд біологічного і механічного очищення, а також виду та кількості стічних вод, які очищаються з господарсько-побутовими стічними водами.

Осад первинних відстійників має сірий колір, що являє собою драгливату суспензію світло-коричневого або сірого кольору з кислим запахом. Завдяки вмісту надзвичайно великої кількості органічних речовин він загниває, набуваючи чорного або темно-сірого кольору і має неприємний кислуватий запах. Вологість осаду в первинних відстійниках залежить, від способу вивантаження: при відкачуванні плунжерними насосами вологість осаду складає 93–93,8 %, при навантаженні гідростатичним тиском – вологість осаду складає 95%.

Надлишковий активний мул представляє собою суспензію сірувато-чорного кольору, яка при ущільненні і зберіганні піддається швидкому загниванню. Вивантажна вологість з вторинних відстійників після аеротенків надлишкового активного мулу – 99,2–99,7 %, вологість надлишкової біоплівки, що вивантажується з вторинних відстійників після біофільтру – 96–96,5 %.

Заброджені осади являють собою суспензію темно-сірого або чорного кольору і відрізняються однорідною структурою.

В очисних спорудах стічних вод застосовують наступні процеси: стабілізація, ущільнення, зневоднення, кондиціонування, термічна обробка, сушіння, ліквідація осадів або утилізація цінних продуктів.

Зневоднення та ущільнення забезпечують об'єм та масу осадів, зменшують вологість, що і є головною частиною технологічної схеми їх обробки. Надлишковий активний мул ущільнюють, іноді й суміш активного мулу і сірого осаду.

Ущільнення може бути флотаційним або гравітаційними у вертикальних або радіальних мулоущільнювачах [10].

Гравітаційне ущільнення є найбільш поширеним і простим прийомом зниження об'єму надлишкового активного мулу. Він зменшує потребу в реагентах і витрату електроенергії, зменшує об'єм споруди, необхідний для переробки. Зменшення вологості і об'єму осадів гравітаційним методом забезпечується тривалим їх відстоюванням. Відокремлюється вільна вода в процесі ущільнення активного мулу.

Частіше за все застосовують мулозгущувачі радіального типу. Вертикальні мулозгущувачі використовують на станціях невеликої продуктивності, що влаштовують на місці первинних відстійників з центральною трубою. З них видаляють мул мулвідсосами або мулошкребами та направляють на наступний етап обробки.

Розрахункова тривалість ущільненого осаду в радіальному відстійнику для активного мулу з вторинного відстійника 9–11 год, вологість – 98 %.

Осади стічних вод схильні до процесів гниття, що супроводжуються неприємним запахом, утворення дрібнодисперсних і колоїдних частинок, погіршення водовіддачі. Щоб змінити фізико-хімічні властивості та пригнітити життєдіяльність гнильних бактерій, осади піддають стабілізації, що запобігає загниванню.

Стабілізація – це запобігання загнивання осадів, зменшення маси сухої речовини за рахунок розпаду частини беззольних речовин.

Стабілізація органічної речовини здійснюється мікроорганізмами у аеробних і анаеробних умовах.

Аеробна стабілізація полягає в тривалій аерації осаду, здійснюється у аераційних спорудах типу аеротенків.

Анаеробна стабілізація або зброджування здійснюється в таких спорудах:

- септики,
- двоярусні відстійники або освітлювачі,

– метантенки [6].

Анаеробним зброджуванням називають біологічний процес, що зменшує органічну речовину при життєдіяльності мікроорганізмів і за відсутності кисню повітря. Процес здійснюється в закритих резервуарах-метантенках.

Процес розпаду органічних речовин у анаеробних умовах проводиться в 2 стадії:

- 1) Гідроліз – утворюються спирти, жирні кислоти, альдегіди і т.п.
- 2) Метанова стадія – перетворення проміжних продуктів на вуглекислоту і метан, а також карбонатні і бікарбонаті солі.

Кінцевим продуктом є заброджений осад, метан, двоокис вуглецю, вода. Завдяки розпаду органічної речовини кількість сухої речовини зменшується на 30 %, але у зв'язку з утворенням додаткової вологи об'єм практично не змінюється.

Основні технологічні параметри ефективного процесу анаеробного зброджування осадів – температура, хімічний склад, тривалість зброджування, концентрація завантаженого осаду, навантаження за органічною речовиною, перемішування, режим завантаження вмісту камери зброджування.

Температура є найважливішим чинником, що впливає на швидкість росту анаеробних організмів, ефективність розпаду осаду. В мезофільному або термофільному режимах можна здійснювати зброджування осадів. Для мезофільного режиму оптимальною температурою є 30–38°C, для термофільного – 50–57°C. Термофільний режим має переваги в санітарному відношенні, тому що забезпечує повну дегельмінтизацію осаду, при мезофільному режимі гине лише 50–80 % всієї кількості яєць гельмінтів.

Термофільне зброджування відрізняється від мезофільного більшою інтенсивністю і може закінчуватись в два рази швидше, завантаження в 2 рази більші, ніж при мезофільному, тому маємо можливість скоротити об'єм

метантенків і капітальні витрати на їх будівництво, поліпшуються санітарно-гігієнічні показники, але вимагає удвічі більшу витрату тепла [2].

Зброджування змінює структуру осаду. Роздрібнюються крупні частинки, що збільшує кількість зв'язної води в зброженому осаді і знижує здатність до водовіддачі.

Заброджені в термофільних умовах осади значно гірше відають воду і потребують глибокої підготовки до механічного збездоднення, вимагають великої витрати тепла, яке не покривається газом, що виділяється забродженою сумішшю осадів.

Метантенки – герметичні резервуари, що забезпечують збродження осадів без доступності повітря та підігріванні осаду до 33–53°C.

Для теплоізоляції метантенки влаштовують заглиблено або обволікають землею. Осад вивантажують з нижньої частини, а завантажують у верхню частину метантенка.

Метантенки бувають мезофільного або термофільного режиму збродження. У мезофільних умовах найчастіше здійснюються зброджування на очисних станціях, що дає змогу виробити біогаз в достатній кількості для підігріву і отримання додаткового тепла..

В метантенках час перебування осаду при мезофільному режимі – 20–25 діб. Перевагою обробки є розпад беззольних речовин осаду, а також мінімальної витрати тепла для необхідної температури.

За рахунок обваловки резервуару землею забезпечується теплоізоляція метантенка і покриття куполу багатошаровим перекриттям.

У метантенках розпад органічних речовин відбувається анаеробними організмами, виділяється метан, двоокис вуглецю. В середньому ступінь розпаду органічної речовини складає 40 %. Основним продуктом є метан.

Газ зберігається і використовується нерівномірно, тому застосовують газгольдери.

Необхідно дотримуватися нормативних відстаней один від одного, оскільки метан є вибухонебезпечною речовиною [15].

Від вологості режиму і осаду зброджування визначають об'єм метантенків.

Механізм мулових майданчиків зводиться до таких процесів:

- видалення рідкої фази і ущільнення осаду з поверхні,
- видалення рідкої фази за допомогою дренажної системи та фільтрація рідкої фази через шар осаду,
- випаровування рідини з вільних поверхонь осаду.

В залежності від конструкції майданчика та властивості осаду процеси можна поєднувати один з одним.

Мулові майданчики складають з карт, оточених валиками. Розміри карт та число випусків визначають, виходячи зі способу прибирання після підсихання і вологості осаду. Число карт повинно бути 4. Робоча глибина карт – 0,7–1 м, висота захисних валиків має бути на 0,3 м менше за робочий рівень осаду на карті.

Осад, що розливається по картах, сушиться за рахунок випаровування води. Частина цієї води профільтровується через ґрунт та дренаж. Сухий осад згрібають скрепером або бульдозером. Завантажують і відвозять на машинах для подальшої утилізації. Вологість сухого осаду складає 75 %. На мулових майданчиках облаштовують дороги с пандусами для з'їзду на карти транспортних засобів і засобів механізації.

Від кількості осаду залежить і площа мулових майданчиків, його характер і кліматичні умови.

Мулові майданчики влаштовують на природних ґрунтах, якщо ґрунт добре фільтрує воду і ґрунтові води перебувають на великій глибині [18].

2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Загальні відомості про досліджувану територію

Смт. Софіївка знаходиться між Кривим Рогом та Дніпром на березі річки Кам'янка (рис.2.1).

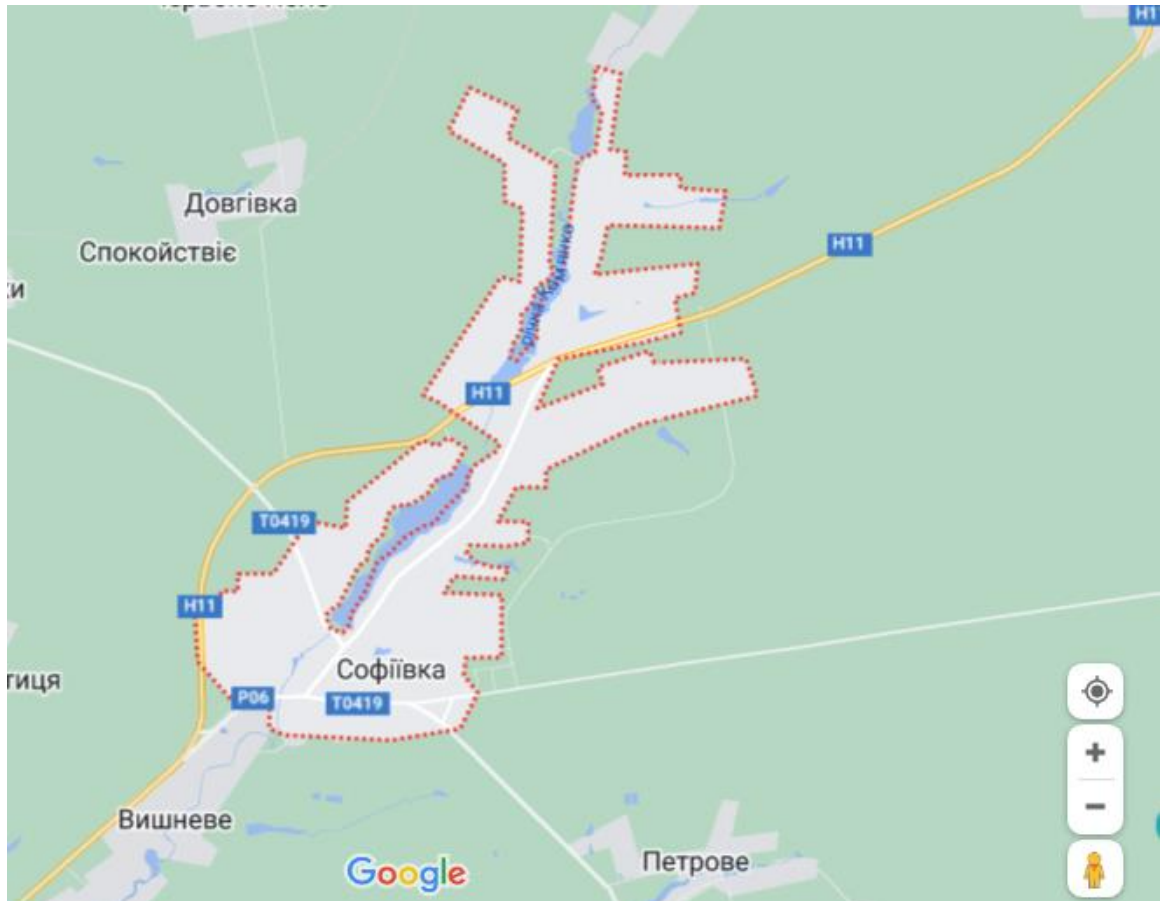


Рисунок 2.1 - Смт. Софіївка Криворізького району Дніпропетровської області

Чисельність населення складає 6459 осіб. Поселення Софіївка було засноване між 1791 та 1796 роками генералом Дуніним та названо на честь його нареченої Софії. В селищі діють комунальні заклади, організації,

підприємства, установи, які забезпечують життєдіяльність населення. У Софіївки є статус селища міського типу, що підтверджує наявність інфраструктури, послуг та адміністративне значення. Основним джерелом економіки є видобуток та обробка залізної руди, що має величезне промислове та економічне значення [10]. Софіївку можна розглядати, також, як туристичне місце, де є річки, ліси, парки, музеї, архітектурні пам'ятки тощо.

Має активну місцеву спільноту, що розвиває різноманітні ініціативи та проекти для кращого життєдіяльності своїх сімей, мешканців, місцевого господарства [10].

2.2 Природно-кліматичні умови території

Смт. Софіївка знаходиться у зоні з вологим континентальним кліматом зі спекотним літом. Теплий місяць – липень із середньою температурою 21,8°C. Найхолоднішим місяцем є січень із середньою температурою –3,5°C.

Кількість днів, що супроводжуються сніжним покривом доходять до 69. Зима буває малосніжною або безсніжною. Середня висота снігу може бути 10 см, максимальна – 30 см. Можуть бути сильні відлиги – танення снігу і дощі. Частим явищем взимку є ожеледь

Північні та східні вітри переважають в регіоні. Дуже інколи буває південний вітер. Влітку можна помітити північні та північно-західні вітри, в інші сезони – північно-східні, північні та східні вітри. Штилі на початку осені та влітку [10].

2.3 Рельєф місцевості, геологічні та гідрогеологічні умови території

Селище розташоване в центральній частині Українського кристалічного масиву. Тут знаходяться четвертинні відкладення, включаючи суглинки, товщина їх варіює від 3 до 25 метрів. Відкладення мають велике

значення для гідрології та водопостачання. Під четвертинними суглинками знаходяться неогенові глини, піски або тріщинуваті вапняки, товщина їх становить від 5 до 11 метрів. Шари мають значення для геології та гідрогеології регіону. У цьому регіоні на долинах річок розташовуються докембрійські кристалічні породи – граніти. Вони можуть бути й старими і важливими джерелами води та інших природних ресурсів. У районі виділяються два водоносні горизонти – один у відкладенні четвертинного періоду та інший із кристалічних порід докембрію та їх продуктів руйнування. Горизонти можуть використовуватись для водопостачання та інших цілей [10].

2.4 Гідрологія

Річка Кам'янка має довжину 88 км. Басейн цієї річки охоплює площу 1750 квадратних кілометрів, що вказує на значний водозбірний район (рис. 2.2)

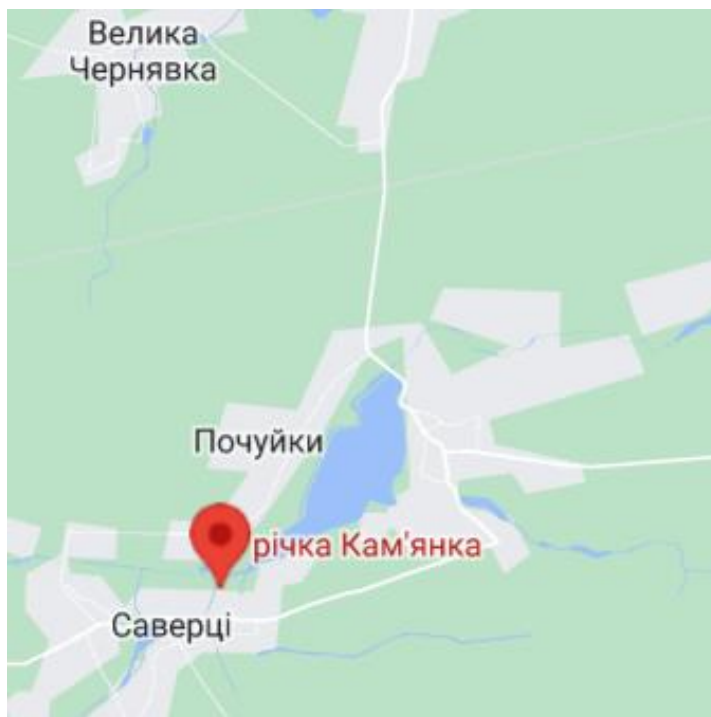


Рисунок 2.2 - Річка Кам'янка Криворізького району Дніпропетровської області

Нахил річки становить 1,3 метри на кожен кілометр, що вказує на досить крутий ухил, який може впливати на швидкість течії та регулювання води. Русло річки Кам'янка у багатьох місцях кам'янисте, що з виходами кристалічних порід, особливо граніту. Це може впливати на характер течії річки та створювати унікальні природні ландшафти.

Наявність такої великої річкової системи біля смт. Софіївка може відігравати важливу роль у водопостачанні, рибній промисловості та рекреації, а також мати значення для охорони навколишнього середовища та біорізноманіття у регіоні [10].

3 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Розрахунок параметрів споруд механічної очистки стічних вод

Механічна очистка стічних вод застосовується для видалення речовин в нерозчиненому стані, іноді у колоїдному. Затримані на решітках частки, спрямовуються в дробарки. Застосовуються також решітки-дробарки, що затримують і подрібнюють великі частки.

Велика маса забруднення мінерального походження, осаджується у піскоуловлювачах. Пісок обезводнюється і видаляється з піскоуловлювачів.

Органічне забруднення. Домішки знаходяться у завислому стані та виділяються зі стічних вод у відстійниках. Органічні частки, питома вага яких більша за питому вагу води, осідають на дно.

Механічне очищення закінчується тоді, коли за місцевими умовами і відповідно до санітарних правил стічні води можна спустити після дезінфекції у водоймища. Частіше ж механічне очищення передує стадії біологічного очищення.

3.1.1 Приймальна камера

Виконуємо розрахунок еквівалентного числа мешканців.

N_{ekv} - це умовна кількість мешканців.

Визначаємо за формулою:

$$N_{ekv} = \frac{\sum Q_p \cdot C_p}{a} \quad (3.1)$$

де Q_p - середньодобова витрата окремих підприємств промислових стічних вод, м³/добу,

C_p - концентрація забруднювача у стічних водах, г/м³,

a - кількість забруднень, що вносить у стічні води одна людина за добу, г.

N_{priv} -приведене число мешканців, яке дорівнює сумі еквівалентного й розрахункового числа мешканців (чол).

$$N_{priv} = N \cdot N_{ekv} \quad (3.2)$$

де N - приймають розрахункову кількість населення, яка відповідає проекту забудови населеного місця.

3.1.2 Піскоуловлювачі

Площу живого перерізу піскоуловлювача (або його відділення) Ω (м²) визначаємо за формулою:

$$\Omega = \frac{q_w}{v_s \cdot n} \quad (3.3)$$

де q_w - максимальна витрата стічних вод, м³/с;

n - число піскоуловлювачів (відділень), приймають не меншим за два;

v_s —швидкість руху стічних вод, м/с.

Довжину робочої частини піскоуловлювача, L_s м, визначають за формулою:

$$L_s = \frac{1000 \cdot k_s \cdot H_s \cdot V_s}{U_0} \quad (3.4)$$

де k_s — коефіцієнт, що приймають залежно від типу піскоуловлювача;

H_s - розрахункова глибина піскоуловлювача, м;

U_0 - гідравлічна крупність піску, мм/с».

3.1.3 Первинні відстійники

Кількість затриманого у відстійниках осаду, Q_{mud} , м³/ГОД визначається за формулою:

$$Q_{mud} = \frac{q_w \cdot (C_{en} - C_{ex})}{(100 - P_{mud}) \cdot \gamma_{mud} \cdot 10^4} \quad (3.5)$$

де q_w — середня витрата стічних вод, м³/ГОД.;

C_{en} – концентрація завислих речовин у воді, що надходить, мг/л;

C_{ex} – концентрація завислих речовин у освітленій воді, мг/л;

P_{mud} – вологість осаду, %;

γ_{mud} – щільність осаду, г/см³.

3.2 Розрахунок параметрів споруд біологічної очистки стічних вод

3.2.1 Аеротенки

Період аерації t_{atm} (год) в аеротенках, що працюють за принципом змішувачів, визначається за формулою.

$$t_{atm} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_i - (1-s) \cdot p} \quad (3.6)$$

де L_{en} – БСК_{повне} стічної води на вході в аеротенк (з урахуванням зниження БПК при первинному відстоюванні), мг/л;

L_{ex} – БСК_{повне} очищеної води, мг/л;

a_i – доза мулу, г/л;

s – зольність мулу, 0,3;

p – питома швидкість окиснення, мг.

БПК_{повне} на 1г беззольної речовини мулу в 1 год визначається як:

$$\rho = \rho_{max} \cdot \frac{L_{ex} \cdot C_0}{L_{ex} \cdot C_0 + K_1 \cdot C_0 + K_0 \cdot L_{ex}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_i} \quad (3.7)$$

де ρ_{max} – максимальна швидкість окиснення, мг/г–год;

C_0 – концентрація розчинного кисню, мг/л;

K_1 – константа, що характеризує властивості органічних забруднюючих речовин, мг БПК_{повне}/л;

K_0 – константа, що характеризує властивості органічних забруднюючих речовин, яку приймають на рівні 0,625 мг О₂/л для стічних вод міського призначення;

φ – приймають на рівні 0.07 л/г для стічних вод, що є міськими.

Ступінь рециркуляції активного мулу R_i (у частках одиниці) в аеротенках розраховується за формулою:

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i} \quad (3.8)$$

де J_i – муловий індекс, $\text{см}^3/\text{г}$.

Питома витрата повітря, q_{air} , $\text{мг}/\text{л}$, при пневматичній системі аерації визначається за формулою:

$$Q_{\text{air}} = \frac{q_0 \cdot (L_{\text{en}} - L_{\text{ex}})}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_t \cdot K_3 \cdot (C_a - C_0)} \quad (3.9)$$

де q_0 – питома витрата кисню повітря, мг на 1 мг знятої БСК_{повне};

K_1 – коефіцієнт, що враховує тип аератора;

K_2 – коефіцієнт, що залежить від глибини занурення аераторів;

K_t – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод;

K_3 – коефіцієнт якості води;

C_0 – розчинність у воді кисню. $\text{мг}/\text{л}$.

Коефіцієнт C_a визначаємо за формулою:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_t \quad (3.10)$$

де h_a – глибина занурення аератора, м ;

C_t – залежно від температури й атмосферного тиску, визначають розчинність кисню у воді.

Витрата повітря при цьому за добу, Q_{air} , $\text{м}^3/\text{добу}$, складе:

$$Q_{\text{air}} = Q_w \cdot q_{\text{air}} \quad (3.11)$$

де Q_w – витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{добу}$.

Площа аеротенка, F , м^2 , складе:

$$F = \frac{Q_{\text{air}}}{24 \cdot I_a} \quad (3.12)$$

де I_a – інтенсивність аерації, $\text{м}^3 \cdot \text{год}/\text{м}^2$.

$$I_{\text{air}} = \frac{q_{\text{air}} \cdot H_{\text{at}}}{t_{\text{atm}}} \quad (3.13)$$

Число аераторів, N , шт., для аеротенків визначається за формулою:

$$N_{ma} = \frac{q_0 \cdot (L_{en} - L_{ex}) \cdot W_{at}}{1000 \cdot K_t \cdot K_3 \cdot \left(\frac{C_a - C_0}{C_0}\right) \cdot t_{atm} \cdot Q_{ma}} \quad (3.14)$$

де Q_{ma} – продуктивність аератора по кисню, кг/год;

W_{at} – місткість споруд, м³.

3.2.2 Метантенки

Проводимо розрахунок кількості сухої речовини осаду $O_{сух}$ і активного мулу $M_{сух}$, визначаємо за формулою:

$$O_{сух} = \frac{C \cdot E \cdot K}{10^3 \cdot 10^3} \cdot Q \quad (3.15)$$

$$M_{сух} = \frac{0,8 \cdot C \cdot (1 - E) + 0,3 \cdot L_a - b}{10^3 \cdot 10^3} \cdot Q \quad (3.16)$$

де C – надходить у первинні відстійники, яка є концентрацією зважених речовин у воді, мг/л;

E – частка одиниці, що є ефективною затримкою у первинних відстійниках зважених речовин;

K – коефіцієнт, що збільшує обсяг осаду великих фракцій зважених речовин, які не уловлюють добір проб для аналізу ($K=1,1, 1,2$);

L_a – БПК_{повне} стічна вода, що надходить до аеротенку (біологічна потреба кисню), мг/л;

b – активний мул, що виноситься з вторинних відстійників, м³/добу.

Розраховуємо по формулам кількість активного мулу і беззольної речовини осаду (т/добу):

$$O_{без} = \frac{O_{сух} \cdot (100 - B_0)}{100 \cdot 100} \quad (3.17)$$

$$M_{без} = \frac{M_{сух} \cdot (100 - B^M) \cdot (100 - Z_M)}{100 \cdot 100} \quad (3.18)$$

де B_0, B^M – гігроскопічна вологість, приймаємо рівними 5 %, відповідно активного мулу і сирого осаду,

Z_0, Z_M – зольність сухого осаду – 30 %, активного мулу – 25 %.

Витрата сухого осаду і надлишкового активного мулу розраховується в м³/добу за формулами:

$$V_0 = \frac{100 \cdot O_{\text{сух}}}{(100 - w_0) \cdot \rho_0} \quad (3.19)$$

$$V_M = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100 - w_M) \cdot \rho_M} \quad (3.20)$$

де W_0 ; W_M – вологість надлишкового активного мулу і сирого осаду, %.

Вологість можна прийняти 94 %, якщо видаляється осад з відстійників насосами. Вологість активного мулу – 94 %. Вологість ущільненого активного мулу можна прийняти 97 %;

ρ_0 , ρ_M – щільність активного мулу і осаду.

Витрата осаду на станції очищення, загальна:

Суша речовина:

$$M'_{\text{сух}} = O_{\text{сух}} + M_{\text{сух}} \quad (3.21)$$

Беззольна речовина:

$$M'_{\text{без}} = O_{\text{без}} + M_{\text{без}} \quad (3.22)$$

Обсяг фактичної вологості суміші:

$$M_{\text{заг}} = V_0 + V_M \quad (3.23)$$

Середні значення вологості суміші і зольності у % розраховують за формулою:

$$B_c = 100 \cdot \left(1 - \frac{M'_{\text{сух}}}{M_{\text{заг}}}\right) \quad (3.24)$$

$$Z = 100 \cdot \left(1 - \frac{M'_{\text{без}} \cdot 100}{O_{\text{сух}} \cdot (100 - B^0) + M_{\text{сух}} \cdot (100 - B^M)}\right) \quad (3.25)$$

Розраховуємо необхідний об'єм метантенка у м³ згідно наступної формули:

$$V = \frac{M_{\text{заг}} \cdot 100}{D} \quad (3.26)$$

де D – приймаємо по ДБН, добова доза завантаження осаду у метантенк, від обраного режиму зброджування, %.

3.2.3 Вторинні відстійники

Розрахункова витрата стічних вод (продуктивність відстійника), Q , м³/год., вираховується за формулою:

$$Q = w \cdot v \quad (3.27)$$

де w – площа робочої зони відстійника, м²;

v – максимальна швидкість проходження стічних вод, мм/с.

Кількість збиткового активного мулу, мг/л, розраховується за формулою:

$$C_{\text{mud}} = P_i - a_t \quad (3.28)$$

де P_i – збитковий активний мул, мг/л;

a_t – винос активного мулу з вторинних відстійників згідно ДБН не менше 10 мг/л.

$$P_i = 0,8 \cdot C_{\text{cdp}} + K_g \cdot L_{\text{en}} \quad (3.29)$$

де C_{cdp} – концентрація зважених речовин у стічних водах, що надходять в аеротенки, мг/л;

K_g – коефіцієнт приросту, (для міських вод 0,3).

Розрахунок параметрів вторинних відстійників виконуємо за гідравлічним навантаженням q_{ssa} , м³/(м²/год), яке визначається за формулою:

$$q_{\text{ssa}} = \frac{4,5 \cdot k_{\text{ss}} \cdot H_{\text{set}}^{0,8}}{(0,1 \cdot j_i \cdot a_i)^{0,5 - 0,01 \cdot a_t}} \quad (3.30)$$

де k_{ss} – коефіцієнт використання проточної частини відстійника,

$H_{\text{set}}^{0,8}$ – глибина проточної частини відстійника, м;

j_i – муловий індекс, см³/г;

a_t – винесення завислих речовин з вторинних відстійників відповідно до розрахунку необхідного ступеня очищення стічних вод, мг/л.

3.2.4 Біологічні ставки

Біологічний ставок – це природно або штучно створений водний об'єкт. Він призначається для очистки за біологічним методом стічних вод, який запроваджується на процесі самоочисної здатності водою.

3.2.5 Поля фільтрації та зрошення

Повна розрахункова площа полів:

$$F_{\phi} = F_{\phi.\text{кор.}} + F_{\phi.\text{рез.}} + k_{\phi.\text{д.}} (F_{\phi.\text{кор.}} + F_{\phi.\text{рез.}}) \quad (3.31)$$

де $F_{\phi.\text{кор.}}$ – корисна площа полів фільтрації, га;

$F_{\phi.\text{рез.}}$ – резервна площа полів фільтрації, дорівнює 10–25 % від корисної площі $F_{\phi.\text{кор.}}$, га;

$k_{\phi.\text{д.}}$ – коефіцієнт, що враховує збільшення площі у зв'язку з облаштуванням допоміжних споруд для полів фільтрації $k_{\phi.\text{д.}} = 0,25–0,30$.

Повна розрахункова площа полів зрошення:

$$F_{\text{п.з.}} = F_{\text{з.кор.}} + F_{\text{з.рез.}} + k_{\text{з.д.}} (F_{\text{з.кор.}} + F_{\text{з.рез.}}) \quad (3.31)$$

де $F_{\text{з.кор.}}$ – корисна площа, га;

$F_{\text{з.рез.}}$ – резервна площа полів, га;

$k_{\text{з.д.}}$ – коефіцієнт, що враховує збільшення площі у зв'язку з облаштуванням допоміжних споруд, $k_{\text{з.д.}} = 0,15–0,25$.

Корисна площа поля фільтрації:

$$F_{\phi.\text{кор.}} = Q / q_{\phi}, \quad (3.32)$$

де Q – середньодобова витрата стічних вод, ($\text{м}^3/\text{добу}$);

q_{ϕ} – навантаження стічних вод на поля фільтрації, що визначаються за ДБН ($q_{\phi} = 235 \text{ м}^3/\text{га}\cdot\text{добу}$)

Корисна площа для полів зрошення:

$$F_{\text{з.кор.}} = Q / q_{\text{з}} \quad (3.33)$$

де Q – середньодобова витрата стічних вод, ($\text{м}^3/\text{добу}$);

q_3 – навантаження стічних вод на поля зрошення, що визначається як середньозважена величина з навантажень на ділянки з різними видами сільськогосподарських культур.

Площа полів фільтрації, що служать. Як резервні ділянки під сільськогосподарські культури:

$$F_{з.рез.} = a \cdot Q / q_{\phi} \quad (3.34)$$

де a – коефіцієнт, що надходять у резервні ділянки і враховує частину витрат стічних вод враховує частину витрат стічних вод (приймається відповідно 1; 0,75; 0,5),

q_{ϕ} – норма навантаження стічних вод на резервні поля фільтрації, приймається за ДБН ($q_{\phi} = 235 \text{ м}^3/\text{га} \cdot \text{добу}$).

3.3 Розрахунок параметрів споруд накопичення і обробки осадів

3.3.1 Мулові майданчики

Навантаження осаду Q , $\text{м}^3/\text{м}^2$ на мулові майданчики складає:

$$Q = \frac{W \cdot 365}{S} \quad (3.35)$$

де W – об'єм осаду, м^3 ;

S – площа мулових майданчиків, м^2 .

Згідно ДБН [1, таблиця 24] навантаження на мулові майданчики не повинно перевищувати $2,3 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

3.3.2 Піскові майданчики

Піскові майданчики, як правило, проектуються з покриттям і дренажем. Карти мають з'їзди для механізованого збору підсохлого осаду. Кожна карта має свій окремий випуск, який дозволяє відключати її в міру наповнення за допомогою затворів. Навантаження осаду Q , $\text{м}^3/\text{м}^2$ на піскові майданчики складає:

$$Q = \frac{W \cdot 365}{S} \quad (3.36)$$

де W – об'єм осаду, м^3 ;

S – площа піскових майданчиків, м^2 .

Згідно ДБН навантаження на піскові майданчики не повинно перевищувати $2,0 \text{ м}^3/\text{м}^2$.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

4.1 Хімічний склад каналізаційних стічних вод

Хімічний склад стічних вод може містити в собі безліч забруднюючих речовин, хімікатів та низький рівень очищення в каналізаційних системах (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Хімічний склад стічних каналізаційних вод (показники забруднюючих речовин на 1 людину)

Показники	Кількість забруднюючих речовин на 1 людину, г/добу
Завислі речовини	75
БПК _{повн.} неосвітлених вод	75
Азот амонійних солей (N)	10
Фосфати (P ₂ O ₅)	2,8
Хлориди (Cl)	10

Завислими речовинами називають показник, що характеризує кількість домішок, які затрималися на паперовому фільтрі, під час фільтрування проби. Це є один із важливих показників якості води, що оцінює кількість осаду, що утворився в процесі очищення стічних вод. Цей показник можна використати, як розрахунковий параметр, під час проектування первинного відстійника.

Кількість завислих речовин – основний показник при розрахунку ступеня очищення стічних вод.

Частіше, використовують відстійники для видалення зі стічних вод завислих речовин. Їх використання полягає у явищі осадження частинок під дією сили тяжіння. Осадженні частинки поділяють на: вільні і стиснені.

Вільним осадження частинок можна вважати лише тоді, коли частинка незмінного розміру і форми осідає в необмеженому об'ємі рідини. За законом Стокса можна визначити, як швидкість вільної осадженої частинки кулястої форми в умовах ламінарного режиму і обтікання її рідиною, а також, врахувати її діаметр і густину частинки, густину і в'язкість середовища.

В стічних водах міститься багато завислих речовин різного розміру, отже, і гідравлічна крупність може змінюватися в значних межах. Ці завислі речовини називають полідисперсними. За допомогою своїх адгезійних властивостей вони можуть агломеруватися при зіткненні та в умовах стисненого середовища, що обумовлює зміну форми, розміру, густину і швидкість осадження. Це явище називається гравітаційною або ортокінетичною коагуляцією.

БПК_{повн} не освітлених вод – це біологічна потреба кисню, що потрібна аеробному організму для отримання енергії метаболізму, а також, для розщеплення органічних матеріалів. Це значення необхідно перевіряти протягом певного періоду при певній температурі, і це буде залежати від ферментативних реакцій та концентрації поживних речовин. Якщо БПК буде мати високий результат, це ознака того, що побутові стічні води забрудненні залишками нафти, відходами посівів та тварин.

Азот амонійний сольовий (N) називають солі, що включають солі утворені з азотних іонів та амонію, або амідних іонів.

Азот амонійний сольовий можна поділити на 3 групи:

Амонійні нітрати (NH_4NO_3) – амонійний нітрат, що є амонійною сіллю азотної кислоти. Використовують, у вигляді, добрива та окислювача у промисловості.

Амонійні нітрити (NH_4NO_2) – амонійний нітрит, що може бути менш стійким і менш посиленним ніж амонійні нітрати.

Амонійні амідни (NH_4NH_2) – це сіль, яка утворюється з амідних іонів. Використовують у виробництві хімічних реакцій..

Фосфатами P_2O_5 називають солі фосфорної кислоти, що включають різноманітні хімічні сполуки, які утворюють фосфатні іони.

Хлориди (Cl) – це солі хлористої кислоти. Утворюються з різних металів, що вступають з хлором в хімічне середовище.

4.2 Розрахунок параметрів споруд механічної очистки стічних вод

4.2.1 Приймальна камера

По напірним водоводам стічні води надходять до очисних споруд. Приймальну камеру призначають так, щоб надходження стічних вод відбувалося по одному або двох трубопроводах.

Визначаємо умовну кількість мешканців, які вносять таку саму масу забруднень, як і втрата стічних вод від промислових підприємств (формула 3.1):

$$N_{\text{ekv}} = \frac{1090 \cdot 543}{75} = \mathbf{7891} \text{ чол}$$

Приведене число мешканців, N_{priv} чол, дорівнює сумі еквівалентного й розрахункового числа мешканців (формула 3.2):

$$N_{\text{priv}} = 7890 + 7250 = 15140 \text{ чол}$$

4.2.2 Піскоуловлювачі

Найпростіші та стародавні споруди, що працюють за принципом відстоювання, є піскоуловлювачі. Їх використовують для задержування важких домішок, що не можуть розчинитися, коли продуктивність очисних споруд понад $100 \text{ м}^3/\text{д}$, яке полегшує роботу очисних споруд. Разом з мінеральними речовинами в піскоуловлювачах відстоюються і речовини з мінеральними домішками, їх гідравлічна крупність може бути близькою до

гідравлічної крупності піску. Кількісне співвідношення між органічними і мінеральними речовини відносно залежить від категорії стічних вод і від експлуатації піскоуловлювачів. Коли відбувається очистка стічних побутових вод піскоуловлювачі можуть затримувати частинки діаметром 0,25 мм та більше. Органічні речовини, що затримуються становлять від 15 до 20 %.

Залежно від напрямку основного потоку стічних вод, їх поділяють на горизонтальні (вода рухається з прямолінійним, або круговим рухом в горизонтальному напрямку), вертикальні (вода рухається вертикально уверх), тангенціальні та аераційні з гвинтовим рухом води.

Аераційні та горизонтальні відстійники використовують при витраті води більше 10000 м³/д. При витратах води до 50000 м³/д рекомендується використовувати тангенціальні піскоуловлювачі. Вертикальні піскоуловлювачі працюють неефективно та використовуються у винятках. Під час проектування для піскоуловлювачів приймають загальні розрахункові параметри.

Видалити задержаний пісок з піскоуловлювачів передбачають вручну об'ємом до 0,1 м³/д, гідравлічним, або механічним методом – об'ємом більше 0,1 м³/д.

Площу живого перерізу, w , м², піскоуловлювача (або його відділення) визначаємо (за формулою 3.3):

$$\omega = \frac{0,016}{0,18 \cdot 2} = 0,04 \text{ м}^2$$

Довжину робочої частини піскоуловлювача, L_s м, визначають (за формулою 3.4):

$$L_s = \frac{1000 \cdot 1,7 \cdot 0,8 \cdot 0,2}{19,8} = 13,7 \text{ м}^2$$

4.2.3 Первинні відстійники

Для попереднього очищення стічних вод використовують первинні відстійники, якщо необхідно зробити біологічне очищення (самостійна споруда), якщо за санітарних умов достатньо буде виділити тільки механічні домішки із стічних вод.

Первинні відстійники за конструктивними ознаками поділяють на вертикальні (коли вода може рухатися знизу вгору), радіальні (вода може рухатися від центра до периферії), спеціальні (коли необхідно виділити важкі та легкі домішки).

Первинні відстійники виконують дві функції: видалення з води спливаючих і осідаючих зважених речовин (головним чином органічного походження) і анаеробне збродження органічної частини осаду (мініралізацію). Посвітління води відбувається у верхньому ярусі відстійника—в осадкових ринвах при тривалості протоки 1,5 години. Збродження осаду здійснюється в нижньому ярусі – септичній камері. Кількість затриманого у відстійниках осаду, Q_{mud} , м³/год визначається (формула 3.5):

$$Q_{\text{mud}} = \frac{60 \cdot (308 - 145)}{(100 - 90) \cdot 1,06 \cdot 10^4} = 0,09 \text{ м}^3/\text{год}$$

Результати розрахунків параметрів споруд механічної очистки стічних вод наведені в таблиці 4.1:

Таблиця 4.1 - Розрахункові параметри споруд механічної очистки стічних вод

Назва	Умовна кількість мешканців, чол	Приведене число мешканців, чол	Площа живого перерізу, м ²	Довжина робочої частини, м	Затриманий у відстійниках осад, м ³ /год
Приймальна камера	7891	15140			
Піскоуловлювачі			0,04	15,7	
Первинні відстійники					0,09

4.3 Розрахунок параметрів споруд біологічної очистки стічних вод

4.3.1 Аеротенки

Аеротенками називають прямокутні або круглі резервуари в плані, де стічні води змішуються з активним мулом, переміщуються і повільно рухаються. За допомогою біохімічного окиснення органічні речовини здійснюють очищення води. В аеротенках активний мул здійснює окиснення і вилучення органічних речовин, який складається з аеробних організмів (колоній). Використовується безперервна штучна аерація для забезпечення мікроорганізмів киснем, яка складається з суміші активного мулу, що стискається повітрям або підсиленням поверхневої аерації суміші, і стічних вод. Очищену воду відправляють у вторинні відстійники. Повертають в аеротенк вже відділену частину активного мулу.

Період аерації в аеротенках, t_{atm} , год, що працюють за принципом змішувачів, визначається (формула 3.6):

$$t_{\text{atm}} = \frac{192-23}{1,9-(1-0,3) \cdot 105,6} = 1,33 \text{ год}$$

Розраховуємо питому швидкість окиснення, мг БПК_{повне} на 1 г беззольної речовини мулу в 1 год (формула 3.7):

$$\rho = 85 \cdot \frac{23 \cdot 2}{23 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 23} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 1,9} = 105,6 \text{ мг/Г-год}$$

Ступінь рециркуляції активного мулу, R_i (у частках одиниці) в аеротенках розраховується (формула 3.8):

$$R_i = \frac{1,9}{\frac{1000}{70} - 1,9} = 0,15$$

Питома витрата повітря, q_{air} , мг/л, при пневматичній системі аерації визначається (формула 3.9):

$$q_{\text{air}} = \frac{1,1 \cdot (192-23)}{2,3 \cdot 1,81 \cdot 1,04 \cdot 0,85 \cdot (12,4-2)} = 4,85 \text{ мг/л}$$

Коефіцієнт C_a визначаємо (формула 3.10):

$$C_a = 1 + \frac{5,5}{20,6} \cdot 9,83 = 12,4$$

Витрата повітря при цьому за добу, Q_{air} , м³/добу, складе (формула 3.11):

$$Q_{\text{air}} = 2150 \cdot 5,56 = 11954 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Площа аеротенка, F , м², складе (формула 3.12):

$$F = \frac{11954}{24 \cdot 16,4} = 30,37 \text{ м}^2$$

Інтенсивність аерації I_{air} розраховуємо (формула 3.13):

$$I_{\text{air}} = \frac{4,85 \cdot 4,5}{1,33} = 16,4 \text{ м}^3 \cdot \text{год} / \text{м}^2$$

Число аераторів, N , шт., для аеротенків визначається (формула 3.14):

$$N_{\text{ма}} = \frac{1,1 \cdot (192 - 23) \cdot 720}{1000 \cdot 1,04 \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{12,4 - 2}{2}\right) \cdot 1,33 \cdot 1,5} = 15 \text{ шт.}$$

Результати розрахунку параметрів аеротенків наведені у таблиці 4.2:

Таблиця 4.2 – Розрахункові параметри аеротенків

Параметри	Значення
Період аерації в аеротенках, год	1,33
Питома швидкість окиснення, мг/г–год	105,6
Ступінь рециркуляції активного мулу	0,15
Питома витрата повітря, мг/л	4,85
Коефіцієнт C_a	12,4
Витрата повітря, м ³ /добу	11954
Площа аеротенка, м ²	30,37
Інтенсивність аерації L_{air} , м ³ ·год/м ²	16,4
Число аераторів, шт	15

4.3.2 Метантенки

Метантенком називають ємність, що має великий резервуар, яка здійснює біологічну переробку без доступності в нього повітря. Резервуар

може бути об'ємом від декількох кубічних метрів, що переміщується, який обладнаний газовіддільником з протиполум'яною пасткою.

Робота метантенків здійснюється в періодичному або безперервному режимах завантаження стічних вод чи завантаження відходів з постійним відбором вивантаженням і біогазу твердого осаду.

Кількість сухої речовини осаду $O_{\text{сух}}$ і активного мулу $M_{\text{сух}}$ в т/добу, розраховують (формули 3.15, 3.16):

$$O_{\text{сух}} = \frac{250 \cdot 0,5 \cdot 1,1}{10^3 \cdot 10^3} \cdot 21000 = 2,88 \text{ т/добу}$$

$$M_{\text{сух}} = \frac{0,8 \cdot 250 \cdot (1 - 0,5) + 0,3 \cdot 135 - 15}{10^3 \cdot 10^3} \cdot 21000 = 2,6 \text{ т/добу}$$

Розраховуємо кількість активного мулу і сухої речовини у т/добу (формули 3.17, 3.18):

$$O_{\text{без}} = \frac{2,88 \cdot (100 - 5)}{100 \cdot 100} = 1,9 \text{ т/добу}$$

$$M_{\text{без}} = \frac{2,6 \cdot (100 - 5) \cdot (100 - 30)}{100 \cdot 100} = 1,7 \text{ т/добу}$$

Витрата надлишкового активного мулу і сухої речовини розраховується в м³/добу (формули 3.19, 3.20):

$$V_0 = \frac{100 \cdot 2,88}{(100 - 94) \cdot 1} = 48 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$V_M = \frac{100 \cdot 2,6}{(100 - 97) \cdot 1} = 86,6 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Розраховуємо витрату осадів на станції очищення стічних вод (формули 3.21, 3.22, 3.23):

$$\text{Суша речовина: } M'_{\text{сух}} = O_{\text{сух}} + M_{\text{сух}} = 2,88 + 2,6 = 5,48 \text{ т/добу}$$

$$\text{Беззольна речовина } M'_{\text{без}} = O_{\text{без}} + M_{\text{без}} = 1,9 + 1,7 = 3,6 \text{ т/добу}$$

$$\text{Обсяг суміші фактичної вологості: } M_{\text{заг}} = V_0 + V_M = 48 + 86,6 = 134,6 \text{ т/добу}$$

Середні значення вологості суміші і зольності у % розраховують (формули 3.24, 3.25):

$$B_c = 100 \cdot \left(1 - \frac{5,48}{134,6}\right) = 96 \%$$

$$z = 100 \cdot \left(1 - \frac{3,6 \cdot 100}{2,88 \cdot (100 - 5) + 2,6(100 - 5)}\right) = 31 \%$$

Об'єм метантенка у м³ (формула 3.26):

$$V = \frac{134,6 \cdot 100}{10} = 1346 \text{ м}^3$$

Розрахункові параметри метантенків наведений в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Розрахункові параметри метантенків

Параметри	Значення
Суша речовина, т/добу	2,88
Активний мул, т/добу	2,6
Кількість беззольної речовини, т/добу	1,9
Кількість активного мулу, т/добу	1,7
Витрата сухого осаду, м ³ /добу	48,8
Витрата надлишкового активного мулу, м ³ /добу	86,6
Суша речовина, т/добу	5,48
Беззольна речовина, т/добу	3,6
Осад за обсягом фактичної вологості. т/добу	134,6
Середнє значення вологості суміші, %	96
Середнє значення зольності, %	31
Об'єм метантенка, м ³	1346

4.3.3 Вторинні відстійники

Вторинні відстійники-це споруди, які використовуються для видалення та відділення твердих важкорозчинних речовин і часток після процесу очищення стічних вод.

Очищуючи води через вторинний відстійник тверді частинки осідають на дно, після чого, утворюється відстій, який потім, видаляють.

Очищення стічних вод потребує застосування вторинних відстійників.

Розрахункова витрата стічних вод (продуктивність відстійника), Q , м³/год., вираховується (формула 3.27):

$$Q=115 \cdot 0,6=69 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість збиткового активного мулу, мг/л, розраховується (формула 3.28):

$$C_{\text{mud}}=P_i - a_t = 136,5 - 10 = 126,5 \text{ мг/л}$$

де P_i – збитковий активний мул, мг/л;

a_t – винос активного мулу з вторинних відстійників згідно ДБН не менше 10 мг/л.

Розраховуємо (формула 3.29):

$$P_i = 0,8 \cdot 162 + 0,3 \cdot 23 = 136,5 \text{ мг/л}$$

Розрахунок вторинних відстійників виконуємо за гідравлічним навантаженням, q_{ssa} , м³ / (м²/год) (формула 3.30):

$$q_{\text{ssa}} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 5,5^{0,8}}{(0,1 \cdot 70 \cdot 1,9) - 0,5 - 0,01 \cdot 10} = 2,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2/\text{год})$$

Результати розрахунків параметрів вторинних відстійників (таблиця 4.4):

Таблиця 4.4 - Розрахункові параметри вторинних відстійників

Назва	Розрахункова витрата стічних вод, м ³ /год	Кількість збиткового активного мулу, мг/л	Збитковий мул, мг/л	Розрахунок вторинних відстійників за гідравлічним навантаженням, м ³ /(м ² /год)
Вторинні відстійники	69	126,5	136,5	2,5

4.3.4 Біологічні ставки

Біологічний ставок – це природно або штучно створений водний об'єкт. Він призначається для очистки за біологічним методом стічних вод, який запроваджується на процесі самоочисної здатності водойм. Природні водойми-процеси, які протікають спокійно, і відрізняються тим, що всі процеси направляє і керує людина залежно від потреб технологічного процесу.

4.3.5 Поля фільтрації та зрошення

Після проведення всіх необхідних технологічних стадій очистки освітлена вода скидається на поля фільтрації. При цьому в ґрунті утворюється мікрофлора, яка дозволяє робити біологічне очищення стоків. Для рівномірного заповнення карти полів виконані спланованими з поздовжніми й поперечними ухилами. Розміри ухилу прийняті залежно від водопроникності ґрунту й становлять: поперечні – 0,002, поздовжні – 0,001.

Заповнення карт полів фільтрації проводиться по самопливному колектору по черзі. Самопливна існуюча розподільна система випуску стоків на карти виконана з лотків з монолітного з/б і обладнана затворами. Навколо полів фільтрації передбачається посадка вологолюбних деревних насаджень.

Поля фільтрації призначені для повного природного біологічного очищення стічних вод. При очищенні стічних вод використовується самоочищення ґрунту, а найбільший інтенсивний процес окислення органічних забруднень йде в верхніх шарах, де формуються сприятливі умови.

Розрахунки полів проводилися по середньодобовій нормі навантаження, тобто кількості стічних вод, що приходять на 1 га площі поля

у середньому за добу протягом року. Нормативне навантаження на карти полів фільтрації для піщаних ґрунтів становить $200 \text{ м}^3/\text{га}$ в добу.

Повна площа полів фільтрації визначають (формула 3.31):

$$F_{\text{ф}} = 17,02 + 2,56 + 0,27 \cdot (17,02 + 2,56) = 388,66 \text{ га}$$

Повна площа полів зрошення розраховують (формула 3.32):»]

$$F_{\text{п.з.}} = 104,23 + 12,76 + 0,2 \cdot (104,23 + 12,76) = 140,38 \text{ га}$$

Корисна площа для полів фільтрації (формула 3.33):

$$F_{\text{ф.кор.}} = 4000/235 = 17,02 \text{ га}$$

Корисна площа для полів зрошення (формула 3.34):

$$F_{\text{з.кор.}} = 4000/60 \cdot 0,7 + 30 \cdot 0,3 = 104,23 \text{ га}$$

Площа резервних ділянок, які не зайняті сільськогосподарськими культурами і виконують роль полів фільтрації, розраховується (формула 3.35):

$$F_{\text{з.рез}} = 0,75 \cdot 4000/235 = 12,76 \text{ га}$$

Результати розрахунків параметрів полів фільтрації та зрошення наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахункові параметри полів фільтрації та зрошення

Назва	Повна розрахункова площа полів фільтрації, га	Повна розрахункова площа полів зрошення, га	Корисна площа для полів фільтрації, га	Корисна площа для полів зрошення, га	Резервні ділянки, га
Поля фільтрації та зрошення	388,66	140,38	17,02	12,76	12,76

4.4 Розрахунок параметрів споруд накопичення і обробки осадів стічних вод

4.4.1 Мулові майданчики

Навантаження осаду, Q , $\text{м}^3/\text{м}^2$, на мулові майданчики складає (формула 3.37):

$$Q = \frac{7 \cdot 365}{1150} = 2,22 \text{ м}^3/\text{м}^2$$

4.4.2 Піскові майданчики

Навантажений осад на піскові майданчики:

$$Q = 0,16 \cdot 365 / 580 = 0,1 \text{ м}^3/\text{м}^2$$

Результати розрахунків параметрів споруд накопичення та обробки осадів наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 - Розрахункові параметри споруд накопичення та обробки осадів

Назва	Навантаження осаду
Навантаження осаду на мулові майданчики	2,22 $\text{м}^3/\text{м}^2$
Навантаження осаду на піскові майданчики	0,1 $\text{м}^3/\text{м}^2$

Схема розміщення і функціонування очисних споруд представлена на рисунку 4.1.

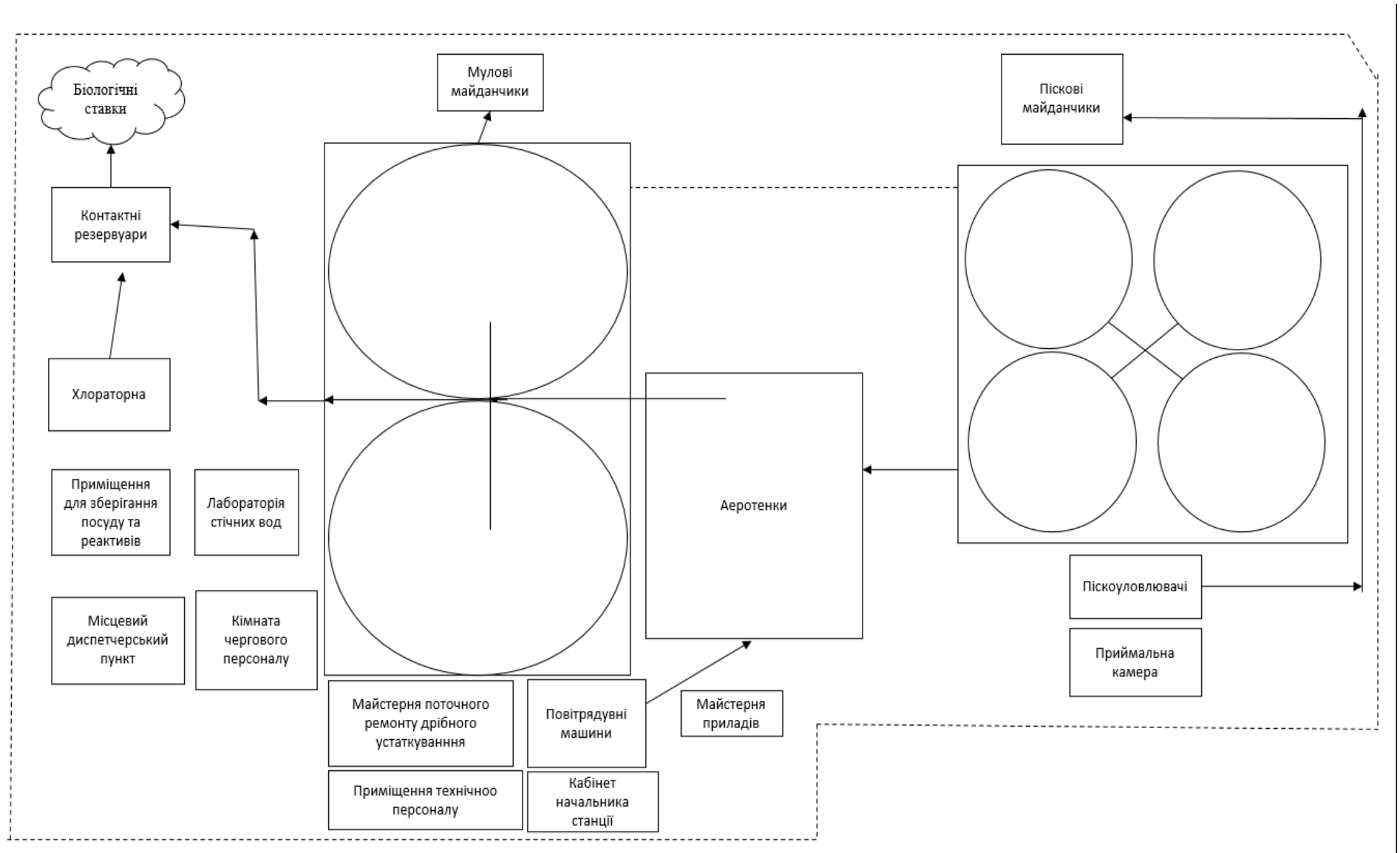


Рисунок 4.1 - Схема роботи очисних споруд

На основі проведених розрахунків параметрів для проектування і модернізації очисних споруд на річці Кам'янка Криворізького району Дніпропетровської області можна зробити наступні висновки. Провівши розрахунок параметрів споруд механічної очистки, виявили, що на дану кількість мешканців, а саме, 7891 чоловік, вода очищується недостатньо, так як, у первинних відстійниках затримується осад – $0,09 \text{ м}^3/\text{год}$, що свідчить про неефективну очистку води.

Розрахувавши споруди біологічної очистки, помітили, що в аеротенках питома швидкість окиснення, $\text{мг БПК}_{\text{повне}}$ на 1 г беззольної речовини мулу складає 105 мг г-год , що є дуже повільною очисткою і дуже затратною. В метантенках кількість сухої речовини осаду $O_{\text{сух}}$ і активного мулу $M_{\text{сух}}$, склала $5,48 \text{ т/добу}$, кількість беззольної речовини осаду $O_{\text{без}}$ і активного мулу $M_{\text{без}}$ склала $3,6 \text{ т/добу}$. Їх витрата склала $134 \text{ м}^3/\text{добу}$. Даний розрахунок показав, що з визначеною витратою і розрахунковою кількістю сухої і беззольної речовини не відповідає обробці, тому що, дана кількість осаду витрата повинна бути набагато більшою, що і вказує на неякісну очистку. У вторинних відстійниках розрахункова витрата стічних вод $69 \text{ м}^3/\text{год}$, кількість збиткового активного мулу, склала $126,5 \text{ мг/л}$, а активного мулу $136,5 \text{ мг/л}$, вторинні відстійники за гідравлічним навантаженням склала $2,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2/\text{год})$. Розрахунок показав, що кількість збиткового і активного мулу значно велика, і перевищує показник очищення за добу, вторинні відстійники не встигають очистити потрібну кількість стічних вод.

Розрахунок споруд накопичення та обробки осадів показав, що навантаження осаду на мулові майданчики, складає $2,22 \text{ м}^3/\text{м}^2$, навантажений осад на піскові майданчики – $0,1 \text{ м}^3/\text{м}^2$. Виходить що, навантаження осаду на мулові майданчики значно велика, що вказує на неякісну очистку води.

4.5 Аналіз скидання зворотних вод і забруднюючих речовин у р. Кам'янку

За проведеними розрахунками очисних споруд і аналізом скидання зворотних вод та забруднюючих речовин на річці Кам'янка за останні 5 років (табл. 4.7–4.11), можна зробити висновок, що дійсні очисні споруди мають малу ефективність очистки, так як їх відсотковий коефіцієнт знижується з кожним роком. Об'єм скиданих зворотних вод з кожним роком має великий приріст від 1 до 5 тонн. Кількість речовини, що скидається зворотними водами, зросла майже на 15 тонн у 2021 році. Виходячи з цього, можна помітити, що ефективність, використання та очистка стічних вод очисними спорудами значно мала. А значить, споруди механічної, біологічної очистки та споруди накопичення та обробки осадів потребують модернізації для підвищення потужності та ефективності.

Таблиця 4.7 - Скидані зворотні води і забруднюючі речовини в р. Кам'янка за 2022 рік

Водокористувач забруднювач	Потужність, наявність, використання, ефективність очисних споруд, м ³ /добу	2020 р.			2021 р.			2022 р.		
		Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотними водами, т	Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотними водами, т	Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотними водами, т
КП «Кривбасводоканал»	351000/172842,5/49,2%	69341,9	0	50589,8332	68046,5	0	64940,758	63087,5	0	56685,4579

Таблиця 4.8 - Скидані зворотні води і забруднюючі речовини в р. Кам'янка за 2021 рік

Водокористувач забруднювач	Потужність, наявність, використання, ефективність очисних споруд, м ³ /добу	2019 р.			2020 р.			2021 р.		
		Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотними водами, т	Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотними водами, т	Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотними водами, т
КП «Кривбасводоканал»	351000/186428,8/53,1%	69341,9	0	50732,5443	69341	0	50589,8332	68046,5	0	64940,758

Таблиця 4.9 - Скидані зворотні води і забруднюючі речовини в р. Кам'янка за 2020 рік

Водокористувач забруднювач	Потужність, наявність, використання, ефективність очисних споруд, м ³ /добу	2018 р.			2019 р.			2020 р.		
		Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотним и водами, т	Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотним и водами, т	Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотним и водами, т
КП «Кривбасводоканал»	351000/ 189977,8/ 54,1%	65176	0	49169,5318	70181,2	0	50732,5443	69341,9	0	50589,8332

Таблиця 4.10 - Скидані зворотні води і забруднюючі речовини в р. Кам'янка за 2019 рік

Водокористувач забруднювач	Потужність, наявність, використання, ефективність очисних споруд, м ³ /добу	2017 р.			2018 р.			2019 р.		
		Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотним и водами, т	Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотним и водами, т	Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотним и водами, т
КП «Кривбасводоканал»	351000/ 192277,3/ 54,8%	45002	-	421189,0176	65176	-	49169,5318	70181,2	-	50732,5443

Таблиця 4.11 - Скидані зворотні води і забруднюючі речовини в р. Кам'янка за 2018 рік

Водокористувач забруднювач	Потужність, наявність, використання, ефективність очисних споруд, м ³ /добу	2016 р.			2017 р.			2018 р.		
		Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотним и водами, т	Об'єм скиданих зворотних вод, тис м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотним и водами, т	Об'єм скиданих зворотних вод, тис. м ³	Об'єм скиданих забруднених зворотних вод, тис. м ³	Кількість речовини, що скидається зворотним и водами, т
КП «Кривбасводоканал »	351000/ 178564,4/ 50,9%	46392	0	38051,6862	45002	0	42118,0176	65176	0	49169,5318

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Виходячи з Конституції України, Законом України «Про регулювання містобудівної діяльності», «Про місцеве самоврядування в Україні» і розглянувши проектну документацію щодо будівництва очисних споруд в смт Софіївка Криворізького району Дніпропетровської області, рекомендовано будівництво очисних споруд в смт Софіївка Криворізького району Дніпропетровської області. Орієнтовна вартість проекту – 10909802 гривень, враховуючи будівельні роботи в розмірі 2600523 гривень, устаткування – 6140801 гривень, будівельні витрати та інші витрати – 2168478 гривень.

Заходи і програми повинні відповідати інтересам здоров'я людей і довкілля, частиною якого є екологічний і соціально-економічний рівень діяльності.

Економічний збиток навколишнього середовища є грошовий бал негативних подій та забруднення, у кількості і якості природних ресурсів і наслідків.

Суми податку, обчислюються щокварталу самостійно підприємством виходячи з фактичних обсягів скидів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою:

$$P_c = M_i \times H_{ni} \times K_{oc},$$

де M_i - обсяг скиду i -тої забруднюючої речовини, т.; H_{ni} - ставки податку в поточному році за тонну i -того виду забруднюючої речовини, грн.; K_{oc} - коефіцієнт, що дорівнює 1,5 і застосовується у разі скидання забруднюючих речовин у ставки і озера (в іншому випадку коефіцієнт дорівнює 1).

Обсяги викиду забруднюючих речовин до та після модернізації вказані у таблицях 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 - Обсяги скидів забруднюючих речовин до модернізації

Найменування забруднюючої речовини	Обсяг скиду, т	Ставка податку, грн./т
Завислі речовини	216,02	369,52
БПК _{повн.} неосвітлених вод	216,02	5156,8
Азот амонійних солей (N)	28,80	12883,84
Фосфати (P ₂ O ₅)	8,06	10297,44
Хлориди (Cl)	129,60	369,52

Таблиця 4.2 - Обсяги скидів забруднюючих речовин після модернізації

Найменування забруднюючої речовини	Обсяг скиду, т	Ставка податку, грн./т
Завислі речовини	84,1	369,52
БПК _{повн.} неосвітлених вод	84,1	5156,8
Азот амонійних солей (N)	11,5	12883,84
Фосфати (P ₂ O ₅)	3,02	10297,44
Хлориди (Cl)	45,4	369,52

Обсяги скидів забруднюючих речовин до модернізації:

$$P_{c1} = (216,02 \cdot 369,52 \cdot 1) + (216,02 \cdot 5156,8 \cdot 1) + (28,8 \cdot 12883,84 \cdot 1) + (8,06 \cdot 10297,44 \cdot 1) + (129,60 \cdot 369,52 \cdot 1) = 1927605,46 \text{ грн.}$$

Обсяги скидів забруднюючих речовин після модернізації:

$$P_{c2} = (84,1 \cdot 369,52 \cdot 1) + (84,1 \cdot 5156,8 \cdot 1) + (11,5 \cdot 12883,84 \cdot 1) + (3,02 \cdot 10297,44 \cdot 1) + (45,4 \cdot 369,52 \cdot 1) = 660802,15 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.3 - Величина капіталовкладень, використаних для зменшення шкідливих речовин

Назва	Сума
Капітальні вкладення, грн	6909802,0
Експлуатаційні витрати, грн	148768,03

$$П_{c1}=1927605,46 \text{ грн,}$$

$$П_{c2}=660802,15 \text{ грн}$$

Різниця між обсягами скидів забруднюючих речовин до модернізації та після:

$$\Delta П = П_{c1} - П_{c2} = 1927605,46 - 660802,15 = 1266803,31 \text{ грн}$$

Розмір чистого еколого-економічного річного ефекту:

$$E_i = (У_{пр} + \Delta D) - (C + E_n * K)$$

$$E_i = (1266803,31 + 0) - (148768,03 + 0,14 * 6909802,0)$$

$$E_i = 150663,0 \text{ грн/рік,}$$

де: E – чистий еколого-економічний річний ефект,

$У_{пр}(\Delta П)$ – результат природоохоронних заходів;

ΔD – додатковий дохід;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_n = 0,14$;

C – витрати за рік;

K – вартість устаткування.

Загальна економічна ефективність природоохоронних заходів (E_a) розраховується як відношення річного обсягу повного економічного ефекту до суми приведених витрат, які викликали цей ефект та показує, у скільки разів отриманий ефект перевищує приведені витрати на проведення природоохоронної діяльності:

$$Ea = \frac{\sum Ei}{Cn + En * Kn}$$

$$Ea = 150663,0 / (148768,03 + 0,14 * 6909802,0)$$

$Ea = 0,18$, що дорівнює 5,5 років окупності.

Отже, плата за скид забруднюючих речовин зменшиться на 1266803,31 грн/рік, що є економією платежів. Також при використанні зазначеної очисної споруди повна окупність загальної вартості настане через 5,5 років. Даний результат задовільний, зважаючи на те, що термін експлуатації такого обладнання становить близько 10 років. Отже, впровадження даного очисної споруди є еколого-економічно обґрунтоване.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці на очисних спорудах вкладається в широкий контекст забезпечення безпеки та здоров'я працівників, які працюють на водоочисних та стічних спорудах. Основна мета полягає в уникненні травм, хвороб та інших негативних наслідків, пов'язаних із виробничими процесами. Ось деякі ключові аспекти охорони праці на очисних спорудах:

Оцінка ризиків: проведення систематичної оцінки ризиків для ідентифікації можливих небезпек та розроблення стратегій їх зменшення, значення потенційно небезпечних зон та процесів на споруді.

Організація робочого простору: забезпечення належної організації робочого простору для уникнення травм та нещасних випадків, зменшення засобів пожежогасіння та евакуаційних виходів.

Особисті засоби захисту (ОЗЗ): використання відповідних ОЗЗ, таких як респіратори, захисні одяг та окуляри, залежно від характеру робіт та потенційних ризиків приведення навчання та тренувань з правильного використання ОЗЗ.

Безпека обладнання: регулярна перевірка та технічне обслуговування обладнання для запобігання аваріям та травмам, використання захисних загороджень та інших заходів для уникнення доступу до небезпечних зон.

Хімічна безпека: контроль та обмеження взаємодії з хімічними речовинами, навчання працівників правильному використанню та зберіганню хімікатів.

Електробезпека: дотримання стандартів електробезпеки для уникнення уражень електричним струмом, регулярна перевірка та обслуговування електроустаткування.

Навчання та тренування: проведення навчань з охорони праці та пожежної безпеки для всіх працівників, проведення практичних тренувань та симуляцій для реагування на надзвичайні ситуації.

Медичний контроль: регулярні медичні огляди для виявлення можливих впливів робочого середовища на здоров'я працівників, проведення профілактичних заходів для зменшення ризику захворювань.

Запровадження комплексу заходів з охорони праці на очисних спорудах допомагає забезпечити безпеку працівників та ефективність виробничих процесів.

Робітникам необхідно, перед початком робочого дня пройти інструктаж з техніки безпеки і розписатися поруч свого прізвища.

Розписавшись за інструктаж вони дають згоду на те, що вони прослухали його і знають, як правильно користуватися наданим обладнанням.

На об'єкті можуть бути небезпечні місця та небезпечні хімічні речовини, до яких треба особливий і правильний підхід. Для цього на будівництві повинна бути «Інструкція під час роботи у небезпечних місцях та з небезпечними речовинами» та проведений інструктаж з техніки безпеки, як правильно поводитися у небезпечних місцях та з небезпечними речовинами.

Відповідно у робітників повинний бути спеціальний одяг, в якому вони можуть безпечно виконувати свої функціональні обов'язки.

У випадках позаштатних ситуацій на виробництві для співробітників лунає голосовий сигнал з гучномовців, який подає оператор, котрий цілодобово чергує в кімнаті управління. Робітники повинні діяти згідно інструктажу у екстрених випадках.

Під час прориву однієї з очисних станцій працівники повинні швидко одягнути жилети та пройти до безпечного місця, а саме, на самий вищий поверх на підприємстві.

Під час знеструмлення світла, співробітникам необхідно дочекатися поки ввімкнеться аварійне живлення і приступити далі до роботи. У випадку, якщо не спрацювало аварійне живлення, на протязі 5-10 хв, співробітники слідує та керуються командами чергового зміни.

Під час нещасного випадку, а саме удару блискавки, працівники повинні діяти злагоджено та без паніки. Якщо здійнялася пожежа їм необхідно прослідувати до пожежних щитів та отримати вогнегасники і приступити до гасіння пожежі до прибуття пожежників. За кожною групою співробітників закріплене особисте робоче місце, яке вони, у випадку позаштатних ситуацій, рятує.

6.1 Небезпечні та шкідливі фактори на підприємстві

Під час виробництва очисних споруд на об'єкті влаштовують: насосно-продувну станцію, решітки, контактні резервуари, піскоуловлювачі, аеротенки, вторинні відстійники, первинні відстійники, хлораторна, радіальні відстійники. Об'єктами небезпеки можуть бути: хлораторні, контактні резервуари та продувна насосна станція.

Чинники на виробництві, їх поділяють на: біологічні, фізичні, хімічні.

Фізичними чинниками можуть бути:

- підвищена вологість повітря,
- підвищена температура робочої зони,
- понижена температура робочої зони,
- механічна загроза,
- недостатнє освітлення робочої зони.

Хімічні чинники можуть бути: сірка та речовини, що можуть її містити, вуглекислий газ, шкідливі гази.

Біологічні чинники можуть бути: продукти життєдіяльності та мікроорганізми, що є патогенними.

Працюючи на очисних спорудах на співробітників можуть впливати різноманітні шкідливі та небезпечні фактори.

Один із небезпечних факторів є механічна небезпека. Існують на території, що не облаштовані огорожею, це можуть бути: відкриті колодязі і очисна апаратура. Є великий ризик для співробітників, травмуватися, що можуть туди впасти.

Наступний етап може бути – електрична небезпека.

Електрообладнання, що застосовують на очисних спорудах, необхідно проектувати за ДБН В.2.5.-28.

Якщо сталося враження електрострумом, то це може бути через не якісну проводку та навантаження на електромережу.

Щоб зберегти себе від електроструму є ізолюючі покриття і пристрої.

Виробниче освітлення на очисних спорудах, повинна бути такою, щоб зорова робота мала характеристику найвищої точності. Еквівалентним розміром є 0,15 мм. Розрядом зорової роботи, повинно дорівнювати 1. Освітлення приміщення при комбінованій системі роботи – 2500 лк. Загальне освітлення – 750 лк. Природне і комбіноване освітлення-6%, бокове освітлення – 2%.

На очисних спорудах для освітлення приміщення, необхідно влаштовувати економні лампи та лампочки. Ксеононові лампи використовувати не дозволяється.

Підвищений рівень шуму і вібрації, може погано впливати на здоров'я працівників.

Нормою шуму є 80 дБА.

Під час проведення робіт з водопостачання і каналізаційні роботи. Існують небезпечні і шкідливі фактори:

- небезпека, при відкриванні колодязя чи люку і спуск у колодязі,
- небезпека отруєння, вибуху, опіки
- небезпека загазованості колекторів, камер, колодязів,

- небезпека падіння предметів на співробітників, під час їх роботи у колодязі,
- небезпека обвалення ґрунту,
- небезпека, при роботі на вулиці через наїзд автотранспорту,
- небезпека вогкості у колодязях,
- небезпека вогкості у котлованах та інші.

Огляд колодязів на мережах водопостачання та водовідведення виконує група у складі 2 осіб.

Категорично забороняється:

- курити біля відкритого колодязя,
- нахилитися над відкритим колодязем,
- спускатися у відкритий колодязь,
- кидати у колодязь сірники та факели,
- відкривати люк руками чи ломом.

Робота у каналізаційних колекторах, каналізаційних колекторах, метантенках є газонебезпечною роботою. Тому, необхідна бути на підприємстві інструкція, що регламентує виконання робіт у газонебезпечних речовинах, до цих робіт допускаються люди старші 18 років. Для цього співробітники повинні пройти медичний огляд, перевірку знань і роботи повинні виконуватися під керівництвом керівника.

Робота у метантенках виконується групою не менше 3 осіб. Один з них працює у колодязі, а 2 зверху. Співробітники повинні при собі мати мотузки, паски безпеки, рятувальні пояси і протигази типу ПШ-1 АБО ПШ-2.

Два рази на рік мотузка та пояс повинні перевірятися на надійність. На них повинно бути маркування із зазначеними датами випробувань.

Робота у камері виконується 4 співробітниками. Вони повинні пройти інструктаж, зробити перевірку на загазованість.

Під час роботи у резервуарах очисних споруд, використовують

аккумуляторні світильники з напругою 6 В. Палити та використовувати вогонь заборонено. Після завершення робіт, черговий зміни повинен вдосконалитися, що у колодязі не залишилися люди, прибрано матеріал і інструмент, і зробити запис допуску.

ВИСНОВКИ

1. Під час проектування очисних споруд смт. Софіївка враховували показники хімічного складу каналізаційних стічних вод, що зумовлюють винос забруднюючих речовин у навколишнє середовище (г/добу) в перерахунку на одного мешканця: завислі речовини, біохімічне споживання кисню, амонійний азот, фосфати, хлориди, синтетичні поверхнево-активні речовини.

2. Розрахункові параметри споруд механічної очистки стічних вод склали: площа живого перерізу піскоуловлювача – $0,04 \text{ м}^2$, довжина робочої частини піскоуловлювача – $15,7 \text{ м}$, затриманий у первинному відстійнику осад – $0,09 \text{ м}^3/\text{год}$.

3. Розрахункові параметри аеротенків склали: період аерації в аеротенках – $1,33 \text{ год}$, витрата повітря – $11954 \text{ м}^3/\text{добу}$, площа аеротенка – $30,37 \text{ м}^2$, інтенсивність аерації – $16,4 \text{ м}^3 \cdot \text{год}/\text{м}^2$, число аераторів – 15 шт .

4. Розрахункові параметри метатенків склали: витрата сухого осаду – $48,8 \text{ м}^3/\text{добу}$, витрата надлишкового активного мулу – $86,6 \text{ м}^3/\text{добу}$, витрата осаду за сухою речовиною – $5,48 \text{ т}/\text{добу}$, витрата осаду за обсягом суміші фактичної вологості – $134,6 \text{ т}/\text{добу}$, об'єм метатенка – 1346 м^3 .

5. Розрахункові параметри вторинних відстійників: витрата стічних вод – $69 \text{ м}^3/\text{год}$, кількість збиткового активного мулу – $126,5 \text{ мг}/\text{л}$, гідравлічне навантаження – $2,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2/\text{год})$.

6. В результаті проведених розрахунків оптимальних параметрів споруд накопичення і обробки осадів визначена повна і корисна площа полів фільтрації – $388,66 \text{ га}$ і $17,02 \text{ га}$ відповідно, та полів зрошення – $140,38$ і $12,76 \text{ га}$ відповідно.

7. Розрахунки параметрів споруд накопичення та обробки осадів показали, що навантаження осаду на мулові і піскові майданчики відповідно складає $2,22$ і $0,1 \text{ м}^3/\text{м}^2$

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Введений з 01.01.2014. Київ: Мінрегіон України, 2013. 128с.
2. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисциплін «Очистка побутових стічних вод» та «Споруди та обладнання водовідведення». Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ, 2014. 121 с. Режим доступу: http://eprints.kname.edu.ua/1.0_2.pdf
3. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод». Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ, 2017. 73 с. Режим доступу: <http://eprints.kname.edu.ua/8C.pdf>
4. Герасимов О. І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища: навчальний посіб. / Одеський державний екологічний ун-т. Одеса: ТЕС, 2018. 228 с.
5. ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.
6. ДБН Б.2.4-4-97. Планування та забудова малих сільськогосподарських підприємств та селянських (фермерських) господарств.
7. ДСТУ Б А.2.4-32:2008. Водопровід і каналізація. Робочі креслення.
8. ДСТУ Б А.3.2-14:2011. Експлуатація водопровідних і каналізаційних споруд і мереж. Загальні вимоги безпеки (ГОСТ 12.3.006-75, MOD).
9. Зеркалов Д. В. Екологічна безпека та охорона довкілля: Монографія. Київ: Основа, 2011. 514 с.
10. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Екологічна

біотехнологія» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 101 Екологія / Укладачі: Корнієнко І. М., Непошивайленко Н. О. Кам'янське: ДДТУ, 2017. 39 с.

11. Вода і водоочисні технології: науково-практичний журнал / гол. ред. В. Г. Маляренко. .Київ, 2010.

12. Таварткіладзе І. М., Нечипор О. М. Водовідведення. Очистка стічних вод: навч. посіб. для студентів спец. «Водопостачання та водовідведення»: у 2 кн. Кн. 1. Очистка міських та промислових стічних вод. Київ, 2014. 251 с.

13. Василенко О. А., Поліщук О. В. Аналіз біологічної очистки стічних вод від сполук азоту та фосфору в аеротенках // Пробл. водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2005. Вип. 4. С. 74-83.

14. Василенко О. А., Епоян С. М., Смірнова Г. М., Корінько І. В., Василенко Л. О., Айрапетян Т. С. Водовідведення та очистка стічних вод міста. Курсове і дипломне проектування. Приклади та розрахунки: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури, Харків. нац. ун-т буд-ва та архітектури. Київ – Харків, 2012. 538 с.

15. <https://kazedu.com/referat/137126/3>

16. http://eprints.kname.edu.ua/54085/1/2019_%20112M%20Курсовой_ОСВ.pdf

17. <https://ep3.nuwm.edu.ua/15447/1/Очистка%20стічних%20вод.pdf>

18. <https://crust.ust.edu.ua/items/054fecf8-0cf9-4ef0-92d3-98e41906b601>

19. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Кам%27янка_\(притока_Базавлука\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Кам%27янка_(притока_Базавлука))

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця 1 - Коефіцієнт k_1

Значення Р для очисних споруд	Значення k_1	
	C=0,85	C=1
0,1	0,22	0,19
0,08	0,19	0,15
0,05	0,12	0,09

Таблиця 2 - Коефіцієнт k_2

Значення Р для дощової каналізації	Значення k_2	
	C=0,85	C=1
0,33	2,12	2,56
0,5	1,51	1,67
1	1	1
2	0,71	0,69
3	0,61	0,57
5	0,52	0,47