

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра екології та природозахисних технологій

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

**зі спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”**

Тема: Технології анаеробної конверсії в системах водоочищення

Завідувач кафедри Пляцук Л.Д. \_\_\_\_\_

Керівник роботи Черниш Є.Ю. \_\_\_\_\_

Консультант  
з охорони праці Васькін Р.А. \_\_\_\_\_

Виконавець  
студент групи ТС-81 Науменко Л.С. \_\_\_\_\_

Суми 2022

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра екології та природозахисних технологій  
Спеціальність 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Зав. кафедрою \_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Науменко Лідії Сергіївні

Група ТС-81

1. Тема випускної роботи: Технології анаеробної конверсії в системах водоочищення
2. Вихідні дані: нормативна документація експлуатації міських очисних споруд, дані з наукометричної бази даних Scopus та вітчизняних фахових видань, патенти, державні будівельні нормативи.
3. Перелік обов'язково графічного матеріалу:
  1. Екологічна проблематика забруднення гідроекосистеми
  2. Огляд технологічних рішень очищення стічних вод та їх осадів
  3. Інтегрований підхід до технологічного рішення очищення стоків та їх осадів з продукуванням корисних біопродуктів
  4. Етапи виконання випускної роботи:

№	Етапи і розділи проєктування	ТИЖНІ					
		1	2, 3	4, 5	6, 7	8	9
1	Написання вступу, розділу 1	+	+	+			
2	Оброблення результатів дослідження, написання розділів 2, 3			+	+		
3	Написання розділу 4					+	
4	Оформлення роботи						+

5. Дата видачі завдання 18 квітня 2022 р.

Керівник \_\_\_\_\_

доцент Черниш Є.Ю.

## РЕФЕРАТ

Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновку, переліку джерел посилання, який містить 46 посилань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 70 сторінок, у тому числі 9 таблиць, 15 рисунків, список використаних джерел 5 сторінок.

**Мета роботи** – розроблення технологічного рішення для захисту довкілля шляхом реалізації процесу анаеробної конверсії стічних вод та їх осадів.

- здійснити аналіз основних екологічних проблем та їх наслідки водовідведення;
- провести огляд технологічних рішень очищення стічних вод та процесів водовідведення;
- визначити технологічні параметри анаеробної конверсії стічних вод для оцінювання ефективності роботи систем біоочищення стічних вод та їх осадів;
- розробити інтегрованого технологічного рішення очищення стоків та їх осадів з продукуванням корисних біопродуктів.

**Об'єктом дослідження** є екологічна проблематика очищення стічних вод та їх осадів.

**Предмет дослідження** – процеси реалізації технологій очищення стічних вод та їх осадів для захисту довкілля.

У кваліфікаційній роботі надана характеристика сучасного водовідведення. Досліджено схеми біологічного очищення стічних вод та мулових осадів. Визначено напрямки інтенсифікації процесу біологічного очищення.

**Ключові слова:** ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД, АКТИВНИЙ МУЛ, АНАЕРОБНА КОНВЕРСІЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.



## ВСТУП

Однією з обов'язкових умов гармонійного розвитку соціуму є забезпечення населення прісною водою для споживання і господарської діяльності. У межах реалізації цілей сталого розвитку першочерговим завданням на сьогодні є підвищення якості води та впровадження технологій рециклінгу стічних вод та їх осадів для зменшення потреб у використанні природних водних ресурсів [1].

**Мета і завдання дослідження.** Метою є розроблення технологічного рішення для захисту довкілля шляхом реалізації процесу анаеробної конверсії стічних вод та їх осадів.

**Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:**

- здійснити аналіз основних екологічних проблем та їх наслідки водовідведення;
- провести огляд технологічних рішень очищення стічних вод та процесів водовідведення;
- визначити технологічні параметри анаеробної конверсії стічних вод для оцінювання ефективності роботи систем біоочищення стічних вод та їх осадів;
- розробити інтегрованого технологічного рішення очищення стоків та їх осадів з продукуванням корисних біопродуктів.

Після очищення комунальних очисних споруд України в минулому році було утворено 45·106 м<sup>3</sup> біологічно та бактеріологічно забрудненого осаду, який потребує утилізації. Через низьку ефективність технологічних процесів очищення та утилізації осадів стічних вод в Україні, забруднення гідросфери та літосфери у свою чергу створює низку екологічних ризиків для довкілля. В умовах постійного погіршення стану довкілля, покращення та вдосконалення технологічних процесів водоочищення на сьогодні є невідкладним завданням.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і
--------------	--------------	---------------	---------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

5

**Об'єктом дослідження** є екологічна проблематика очищення стічних вод та їх осадів.

**Предмет дослідження** – процеси реалізації технологій очищення стічних вод та їх осадів для захисту довкілля.

**Методи дослідження.** У роботі були використані теоретичні інструменти та методи дослідження біологічного очищення стічних вод та розрахунку ефективності очищення стічних вод із застосуванням біогазових установок та наукометричних підхід із застосуванням наукометричних баз даних, зокрема БД Scopus.

Особистий внесок здобувача. Бакалаврська робота є самостійним дослідженням автора у галузі технологій захисту навколишнього середовища. Усі дані викладені у роботі отримані автором самостійно. Автор зібрав літературний та статистичний матеріал та виконав його оброблення за допомогою різних інструментів, провів аналіз та наукове узагальнення. Провів розрахунки анаеробних процесів з отриманням енергії.

**Апробація:** інформація з дипломної роботи доповідалася у наступних конференціях:

IX Міжнародну наукову конференцію молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (м. Харків, 2021 рік).

Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма IX Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 19–22 квітня 2022 р.).

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

6

# РОЗДІЛ 1

## СУЧАСНИЙ СТАН ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРОЦЕСУ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Водовідведення стоків і використаної води здійснюють через систему інженерних споруд для збору, транспортування і очищення стічних вод. Елементами каналізаційних систем є:

- внутрішні будинкові чи цехові каналізаційні споруди;
- зовнішня внутрішньоквартальна каналізаційна мережа;
- зовнішньовулична каналізаційна мережа;
- насосна станція; нмапірні трубопроводи очисних споруд;
- місця випускання стічних вод у водойму [1].

Україна забезпечила централізованим питним водопостачанням 99% міст, 91% селищ міського типу та 27% сільських населених пунктів. Централізоване водовідведення досягнуто 96,5% міст, 64% селищ міського типу та 2% сільських. Найбільшими забруднювачами забруднення стали підприємства житлово-комунального господарства, які скинули 563,7 млн. куб. метр забруднених стічних вод.

Стічні води – це комунальні та промислові стічні води для використання людьми та скидаються після використання. В Додатку А наведено класифікацію населених пунктів та їх агломерацій за нормативними обсягами побутових та побутових СВ, які скидаються в централізовану систему очищення стічних вод [3].

Стічні води поділяють на промислові, сільськогосподарські та побутові. Промислові стічні води частково очищаються в цехах або заводських очисних спорудах і направляються на міські очисні споруди разом з побутовими відходами. [2].

Інв. №лодл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і
-------------	--------------	---------------	-------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

7

В даний час СВ вважається рівним питному водопостачання, яке, в свою чергу, визначається регламентом. У Додатку Б наведено питоме середньодобове споживання питної води в Україні [4]. Централізовані системи водовідведення отримують додатково від 5% до 20% (залежно від розміру населеного пункту чи агломерації) СВ від нежитлових об'єктів та очисного обладнання, їх прискореного зносу та додаткових витрат електроенергії для підприємств.

Технічний стан практично всіх очисних споруд водовідведення потребує їх модернізації або реконструкції. Пропускна спроможність очисних споруд перевищує обсяг стоків, які надходять на очищення, і використовується не на повну потужність. Системи централізованого водовідведення України вкрай застарілі. Загальнодержавна програма «Питна вода України» на 2022-2026 роки визначає сукупність взаємоузгоджених завдань і заходів, що спрямовані на забезпечення відновлення надійної роботи системи централізованого водовідведення країни. Вплив на навколишнє природне середовище, у тому числі на здоров'я населення, при впровадженні заходів може мати тільки позитивні наслідки [5].

### 1.1 Аналіз основних екологічних проблем спричинених недоліками процесів водовідведення

Гідросфера України знаходиться під величезним антропогенним тиском у вигляді хімічного, мікробіологічного, радіонуклідного, біологічного та теплового забруднення. Актуальної небезпеки для людського здоров'я та природного середовища набуває мікропластик яким забруднюється водне середовище. Сполуки азоту, фосфору, важких металів, нафтопродуктів, стійких органічних речовин та інших забруднюючих речовин є основними складовими компонентами стаціонарного та дифузного забруднення поверхневих та підземних вод. Ступінь забрудненості річок країни відповідають 3 класу якості вод, а саме «помірно

Інв. №лодл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і
-------------	--------------	---------------	-------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

8



забруднені», водночас на більшій половині водойм реєструються випадки високого забруднення [6].

Сектор водопостачання та водовідведення постійно генерує величезні обсяги ресурсів (очищені стічні води та осад, що утворюється при їх очищенні), які потенційно можливо використовувати в процесах циркулярної економіки. В Україні очищена стічна вода частково застосовується повторно для зрошення та в промислових процесах. Осад стічних вод не використовується для відновлення деградованого ґрунту, виробництва біогазу та енергії шляхом прямої рекуперації тепла.

Масштаби накопичення осадів стічних вод набули загрозливого стану. В необробленому вигляді ОСВ протягом десятків років зливаються на переобтяжені мулові майданчики, у відвали, водосховища, кар'єри, За емпіричними розрахунками (статистичне спостереження за динамікою в Україні взагалі не ведеться), площа мулонакопичувачів на території України більше 1,5 тис. га. Кількість накопиченого осаду перевищує 15 млн. т, до яких щороку додається ще 5 млн. т нових осадів. Енергетичний потенціал даного осаду (з урахування витрат на зневоднення) оцінюється мінімум в 3 млн. Гкал, або 3,5 млн.Мвт-год. Потенційно можна відновити родючість ґрунтів на площі 150 тис. Га [7].

Тема очищення комунальних стічних вод є надзвичайно актуальною, так як потребує:

- поліпшення ефективності очищення стічних вод;
- зменшення хімічного навантаження на централізовані системи водовідведення.

Ефективним засобом є заборона на очищення на основі фосфору Обмежте надходження цих сполук у міські каналізаційні системи. це Для міст без міських переробних потужностей. є окреме питання Міська каналізація (дощова вода), тому що більшість міст в Україні є Стічні води відокремлені від міської очисної споруди

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і
--------------	--------------	---------------	---------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

і впадають безпосередньо в неї річка. Лише 2% сільського населення мають доступ до покращених санітарних умов, в той час як інші користуються погано обладнаними вуличними туалетами, туалетні ями тощо, вони є джерелом мікробів та хімікатів Забруднення підземних вод. Наразі контроль з боку місцевої влади відсутній Дотримуватись гігієнічних та екологічних умов, в яких він влаштований [6]. важливе число екологічні проблеми, пов'язані з використанням застарілих технологій, і Недостатньо коштів для сучасного будівництва за новою технологією.

## 1.2 Наслідки надходження у поверхневі водні об'єкти забруднюючих речовин різного генезису

Господарсько-побутові стічні води забруднені бактеріальними компонентами та великою кількістю органічних та неорганічних домішок у них постійно присутні патогенні бактерії. Стічні води лазень та пралень мають вище значення рН, велику кількість поверхнево-активних речовин (ПАР), проте меншу концентрацію всіх інших хімічних та бактеріальних компонентів, що не виключає їх небезпечності порівняно з водами які відводяться від житлових будинків [8]. Максимальна кількість побутових стічних вод становить від 40 до 175 м<sup>3</sup> /добу, що відводяться з 1 га житлової забудови, в залежності від щільності населення [9]. Склад стічних вод є індивідуальним для кожного населеного пункту. Він залежить від:

- благоустрою житла;
- величини питомого водоспоживання;
- складу виробничих СВ;
- величини інфільтрації у самопливні каналізаційні мережі ґрунтових вод.

У Додатку В наведено розрахункову кількість основних забруднень у СВ від одного жителя.

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і
------------	--------------	-------------	------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

10



### *Забруднення нітратами та нітритами*

До переліку основних забруднювачів водних об'єктів України відносяться сполуки азоту [14]. Рівень нітритів у воді вказує на те, що вода забруднена і продовжує бути забрудненою органічною речовиною, оскільки для початку першої стадії мінералізації аміаку (який перетворюється на нітрит) потрібен певний час. Нітрати є кінцевим продуктом мінералізації органічної речовини, а їх наявність у воді свідчить про закінчення процесу. Отже, наявність у воді нітратів свідчить про вік органічного забруднення води [15]. Тому оцінка якості води щодо азотистих речовин є дуже важливою. Якщо нітрит присутній у воді разом з амонієм, це свідчить про те, що водойма систематично забруднювалася органічними речовинами за відносно короткий період часу. Однак наявність у воді амонію, нітритів і нітратів свідчить про тривале забруднення [15]. Допустимі концентрації нітратів і нітритів у воді наведені в Додатку Г [13]. Питна вода з надлишком нітратів шкідлива для здоров'я. Безпосередньо з хворобою пов'язана гідронітратна метгемоглобінемія.

Метгемоглобінемія зумовлена токсичною дією нітратів, тканинною гіпоксією (гіпоксією), яка розвивається внаслідок порушення транспорту кисню та пригнічення ферментів, що беруть участь у тканинному диханні [14]

### *Забруднення фосфатами*

Фосфор у водному середовищі знаходиться у вигляді органічних та неорганічних сполук. Фосфати потрапляють у поверхневі води разом з фекальними стоками, фотореагентами, комунальними стічними водами, що містять поліфосфати, та пом'якшувачами води. Також джерелом забруднення фосфатами

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і
--------------	--------------	---------------	---------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

12



Від продуктивності технологічної схеми механічного очищення можуть розрізнятися:

- за витрати до 300 м<sup>3</sup> /добу – хлораторна установка, двох'ярусні відстійники, мулові площадки;
- за витрати до 12 тис. м<sup>3</sup> /добу – пісколовки, решітки, хлораторна установка, двох'ярусні відстійники, мулові площадки, контактні резервуари;
- за витрати від 100 тис. м<sup>3</sup> /добу – пісколовки, решітки, відстійники (вертикальні відстійники, біокоагулятори);
- за витрати до 36 тис. м<sup>3</sup> /добу; радіальні відстійники за витрати більше 50 тис. м<sup>3</sup> /добу) [19].

У стічні води додають різні хімічні реагенти, реагують із забруднювачами та випадають в нерозчинні сполуки. Хімічистка зменшує кількість нерозчинних домішок до 95%, а розчинних – до 25%. У фізико-хімічних методах найчастіше застосовуються коагуляція, окислення, адсорбція, екстракція тощо. Також широко використовується електроліз [20]. При фізико-хімічних методах очищення з стічних вод видаляються розчинені та дрібні неорганічні домішки, а органічні домішки подрібнюються.

Біологічні методи очищення відіграють велику роль серед методів очищення стічних вод. Біологічні методи очищення господарсько-побутових стічних вод (та їх сумішей) від органічних речовин ґрунтуються на застосуванні мікроорганізмів, що використовують ці сполуки як поживні речовини та джерело енергії. Внаслідок окиснення у аеробному та відновних процесах з утворенням метану у анаеробному очищенні, органічні сполуки зазнають деструктивного розкладання [21]. На рисунку 1.1. наведені основні типи біоценозів, що застосовуються на очисних спорудах.

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і
--------------	--------------	---------------	--------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

14

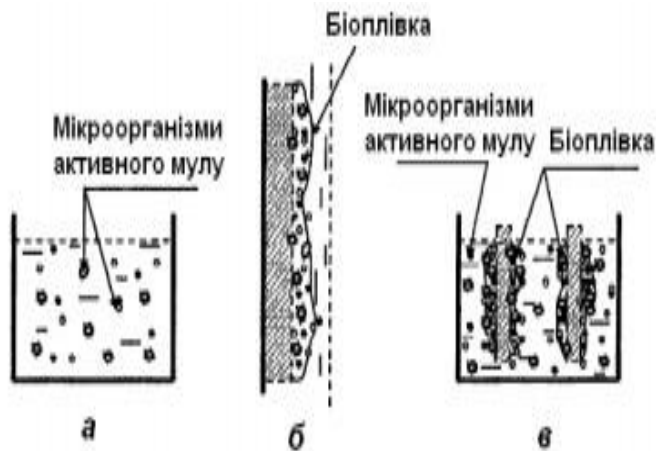


Рисунок 1.1 — Схема очисних систем: а – з активним мулом (аеротенки), б – з біоплівкою (біофільтри), в – з активним мулом і біоплівкою (біотенки)

Біологічне очищення стічних вод передбачає майже повне розщеплення у воді органічних сполук. В аеробних і анаеробних умовах органічні речовини розкладаються. Речовини мікроорганізмів здійснюються при різних енергетичних балансах повна відповідь. При аеробному біоокисленні глюкози 59% енергії, що міститься в ній, використовується на зростання біомаси, а 41% втрачається у вигляді тепла, що призводить до активного росту аеробних мікроорганізмів. Чим вище відтік, тим Чим сильніше нагрівання, тим вище швидкість росту і накопичення мікробної біомаси Надмірна кількість активного мулу. Глюкоза утворюється при анаеробному розкладанні Метан використовує лише 8% енергії для зростання біомаси, 3% – це втрати тепла, а 89% перетворюється на метан. Розмножуються анаеробні мікроорганізми повільно і вимагає високої концентрації субстрату.

Ефективність процесу біологічного очищення залежить від температури, рН, навколишнього середовища, поживних речовин, вмісту поживних речовин у мікроорганізмах, кисневого статусу та токсичного вмісту. Максимальна ефективність біологічного очищення води досягається завдяки: • температура 20 -

Підп. і	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №попл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

30 °C і рН навколишнього середовища 5 - 9 (оптимальне 6,5 - 7,5); • Достатня концентрація основного живильного речовини бактерій – органічної речовини Вуглець, азот і фосфор розраховують як БПК: N:P=100:5:1; • Забруднення на 1 грам біомаси на 1 куб.м очисної споруди або беззольна фракція на 1 г біомаси (100-300 мг БПК на 1 г беззольної фракції речовина); • Константа концентрації розчиненого кисню не менше 2 мг/л; • Допустимі дози токсичних речовин, які можуть мати несприятливий вплив біологічний процес [22].

Для реалізації біологічного очищення застосовують декілька типів пристроїв:

- біофільтри; біологічні ставки;
- аеротенки;
- поля фільтрації та вторинні відстійники.

Аеротенк - це резервуар, в якому повільно переміщується суміш активного мулу і стічних вод. Тривалість процесу очищення побутових стічних вод Аеротенк - 2 - 6 годин. У процесі біологічної очистки стічних вод в аеротенку Розчинена органічна речовина, а також тонкодисперсна колоїдна речовина, яка не осідає, перетворюється на активний мул, що призводить до збільшення вихідної біомаси.

Слід зазначити, що при окисленні органічної речовини розмножуються аеробні мікроорганізми і збільшується біомаса активного мулу, тому частина активного мулу повертається в аеротин, а частина (надлишки активного мулу) відправляється на зневоднення.. Стічні води потрапляють в аеротенк після проходження через споруду механічної очистки. Концентрація зважених речовин не повинна перевищувати допустимого значення 150 мг/л БПКповн. Залежить від типу аеротенка. Аеротенки дозволяють отримати високий ступінь очищення стічних вод і засвідчують органічний вміст очищених стічних вод за БПК до 15 мг/л.

Інв. №лодл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк
16



Біохімічний процес в аеротенку здійснюється в два етапи:

- органічна речовина адсорбується на поверхні активного мулу, легко окислюються речовини мінералізуються, а споживання кисню велике, надлишок речовин направляється в передавач;
- доокиснення повільноокиснюваних органічних речовин і регенерація активного мулу.

Кількість порушених частинок у стічних водах не повинна перевищувати 150 мг/л, а нафтопродуктів – 25 мг/л до надходження в аеротенк. Після аеротенку стічна вода з мулом надходить до вторинного відстійника, де мул відокремлюється від води. Більша частина мулу повертається до аеротенка, а його надлишок спрямовують у передавач [23]. Надлишковий мул накопичується на мулових площадках (рис.1.2 ).



Рисунок 1.2 — Фотографія мулових площадок міських очисних споруд

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк  
17

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІШЕННЯ АНАЕРОБНОЇ КОНВЕРСІЇ В СИСТЕМАХ ВОДООЧИЩЕННЯ

Технології очищення стічних вод повинні забезпечувати заданий ступінь очищення за мінімальних витрат. Залежно від необхідного ступеня очищення стічних вод і подальшого використання очищеної води можуть бути розглянуті різні технічні варіанти.

Двоступенева схема, що включає механічну та біологічну очистку, є традиційною схемою очищення побутових стічних вод. Вимоги до охорони навколишнього середовища стають все вищими, а для створення умов для утилізації очищених стічних вод у промисловості та сільському господарстві необхідно розробити технічні рішення для передового біологічного очищення стічних вод. Побутові стічні води механічно та біохімічно очищаються для знищення бактерій шляхом дезінфекції (дезінфекції).

Біохімічні методи очищення використовують мікроорганізми для окислення органічних речовин у стічних водах у вигляді розведених суспензій, колоїдів або розчинів. Для цього використовують природні споруди (поля зрошування, фільтрації, біологічні ставки) та штучні (біофільтри, аеротенки). Для невеликої продуктивності придатна схема, в якій механічне очищення забезпечується решітками, піскоуловлювачами, двоярусними відстійниками, а біологічне відбувається на полях зрошення, фільтрації, у біологічних ставках. Пісок, вилучений з піскозбірником, відправляється в пісок для просушування. Осад, що осів в двошаровому відстійнику, зброджується в його нижній частині і регулярно надходить на мулову ділянку.

Інв. № докл.	
Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	
Інв. № доубл.	
Підп. і	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

18

Біофільтри - це використання біологічних фільтрів або аеротенків. спочатку стічні води через споруди механічної очистки (грилі, бункери, первинні відстійники), потім Біологічне очищення, а потім вторинний осад затримується у вторинному відстійнику. існують Стічні води, очищені таким чином, вводять, найчастіше хлор, і направляють до місця контакту Підтримуйте резервуар протягом необхідного часу контакту та дезінфекції. Нещодавно таке У планах покращення очищення було введено більше фільтрів твердих частинок. осад, що осідає Відстійник, неприємний запах, небезпечний з точки зору гігієни, погана сушка. вперед Ферментація в двошаровому відстійнику, біогазовому резервуарі та інших конструкціях. Ферментаційний осад Стає однорідною структурою, яка виділяє вологу, коли мул висушується на місці, містить азот, Фосфор і калій можна використовувати як добрива за певних умов.

Споруди, які піддаються біохімічній обробці, можна розділити на дві великі категорії:

– до першої групи належать об'єкти, що працюють у природних або закритих умовах: поля зрошення, поля фільтрації та біологічні ставки. Для цього використовуються природні споруди (поля зрошення, фільтрації, біоставки) і штучні споруди (біофільтри, повітряні резервуари). На цих об'єктах очищення стічних вод відбувається досить повільно через наявність кисню в ґрунті та воді біологічних басейнів та дії мікробних мінералізаторів, які окиснюють органічні забруднювачі;

– до другої категорії належать споруди для очищення стічних вод у штучних умовах: біологічні фільтри та аеротенки. У цих приміщеннях очищення відбувається інтенсивніше, ніж у природних умовах, завдяки утриманню життєво необхідних мікроорганізмів, які штучно необхідні.

На станціях механічної очистки ефект відновлення зважених речовин становить 40 годин, а значення БПК зменшується на 20-40%. Об'єкти біологічної

Інв. № по докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № до убул.	Підп. і
-----------------	--------------	---------------	-----------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

19

очистки знижують забруднення матеріалів і БПК5 (після аеротенків або біологічних фільтрів і вторинних відстійників) до 15 - 20 мг/л. У технічних рішеннях біологічної очистки використовуються біологічні фільтри, витрата стічних вод 10 - 20 000 м3/добу, аеротенк - вартість 20 000 м3/добу. Якщо розрахунок необхідного ступеню очищення стічних вод визначає, що ефект більший, ніж може бути здійснений на установці біологічної очистки, тоді потрібна розширена очистка стічних вод. Це може бути глибоке очищення від зважених, розчинених органічних речовин, поживних речовин – азоту і фосфору. Сучасні очисні споруди повинні відповідати характеру забруднювачів, які повинні бути видалені зі стічних вод, перш ніж вони будуть скидані в резервуар.

Очищення біологічно очищених стічних вод найчастіше здійснюється методами фільтрації шляхом завантаження з різних матеріалів, мікрофільтрації та контактного освітлення. Також використовуйте біологічні басейни. Адсорбція активованого вугілля або хімічне окислення озону використовується для зменшення ХПК у стічних водах біологічного очищення. При надходженні стічних вод у водойму застосовують фізико-хімічні та біологічні методи видалення зі стічних вод поживних речовин, азоту і фосфору, що сприяє інтенсивному розвитку водної рослинності. Очищені стічні води перед скиданням у водойму необхідно продезінфікувати. Вибір реагентів і методів дезінфекції слід визначати відповідно до характеристик резервуара стічних вод і подальшої обробки очищених стічних вод. Очисні споруди розраховуються за напрямком потоку стічних вод: приймальне приміщення, колосник, піскозбірник, водомір, первинний відстійник, аеротенк, вторинний відстійник, змішувач, пристрій хлорування, контактний бак. При розрахунку сіток і піщаних басейнів спочатку проводять гідравлічні розрахунки для водопровідних каналів і лотків, оскільки рівень води в лотках включається в розрахунок активного перерізу потоку в сітках і піщаних басейнах. Потім розрахуйте споруди для обробки шламу: ущільнювачі шламу, біогазові реакторні

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і
-------------	--------------	---------------	-------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218



## 2.1 Конструкційні рішення технологій анаеробної конверсії стічних вод та їх осадів

Мінералізація розчинених органічних забруднювачів у стічних водах забезпечує біологічне очищення за рахунок діяльності анаеробних бактерій. Осадження колоїдних і малорозчинних речовин у стічні води забезпечує фізико-хімічне очищення, а також перетворення деяких нерозчинних речовин у нешкідливі розчинені шляхом очищення стічної води реагентами. Типи водоочисних споруд включають такі місцеві умови: наявність належної землі; характер ґрунту; клімат; рельєф площі ділянки, її орієнтація щодо об'єкта очищення; можливість отримання необхідної кількості дешева електроенергія; наявність місцевих матеріалів, наявність кваліфікованих робітників, спеціалістів з очищення стічних вод та рівня підземних вод.

Технічна схема очищення міських стічних вод включає споруди біологічної та механічної очистки, за необхідності - споруди додаткової очистки (доочищення), знезараження очищених стічних вод, очищення осаду, що утворився при очищенні стічних вод. Технологічні споруди очищення стічних вод дозволяють воді проходити через них послідовно. Механічні очисні споруди спочатку затримують найбільші та важкі суспензії, а потім видаляють основну масу нерозчинених забруднень. У наступних біохімічних очисних спорудах колоїди, розбавлені зважені речовини та розчинені забруднювачі видаляють, а потім знезаражують стічні води.

Послідовність очищення стічних вод розглянута нижче. На рисунку 2.1 показана схема механічного очищення стічних вод у такому порядку: Решітка затримує велику кількість забруднень; мінеральні важкі домішки (переважно пісок) затримуються піскоуловлювачами; нерозчинені органічні домішки затримуються відстійниками. Далі стічну воду знезаражують (найчастіше хлоруванням) і випускають у водоймище.

Інв. №лодл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і
-------------	--------------	---------------	-------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

22

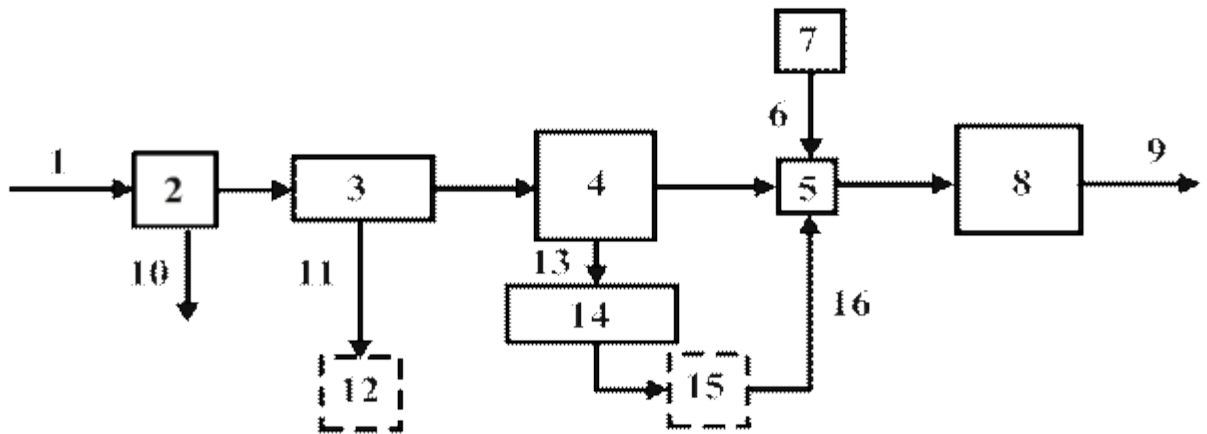


Рисунок 2.1 — Технологічна схема механічного очищення стічних вод:

1 – подача стічної води на очищення; 2 – ґрати; 3 – пісковловлювач; 4 – відстійник; 5 – змішувач; 6 – хлорна вода; 7 – хлораторна; 8 – контактний резервуар; 9 – спуск очищеної води у водоймище; 10 – крупні відходи; 11 – піщана пульпа; 12 – піскові майданчики; 13 – осад відстійника (сирий осад); 14 – метантенк; 15 – мулові майданчики; 16 – дренажна вода.

Отриманий осад обробляли наступним чином:

- збирати велику кількість контейнерів із забрудненнями з сітки забруднення та регулярно транспортувати їх на смітник на автомобілі;
- пісок у бункері висихає на піску.

Органічний мул називають «сирим» мулом, він містить велику кількість рідини, темно-сірий або чорний через швидке розкладання великої кількості органіки, виділяє неприємний кислий запах. Щоб мул не розкладався, його закріплюють у спеціальних конструкціях, наприклад, в метантенках. Потім здійснюється зневоднення на муловій ділянці, а дренажна вода, відокремлена від мулу на муловій ділянці, повертається в більшу частину води.

На рисунку 2.2 зображено схему яку можна застосувати при невеликих витратах стічних вод і необхідності їх біологічного очищення. За даною схемою

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

механічне очищення відбувається на ґратах, в двоярусних відстійниках і в пісковловлювачах. Стабілізаційна обробка затриманого органічного осаду відбувається у двоярусних відстійниках (або освітлювачах-перегнівачах) одночасно з освітленням стічних вод .

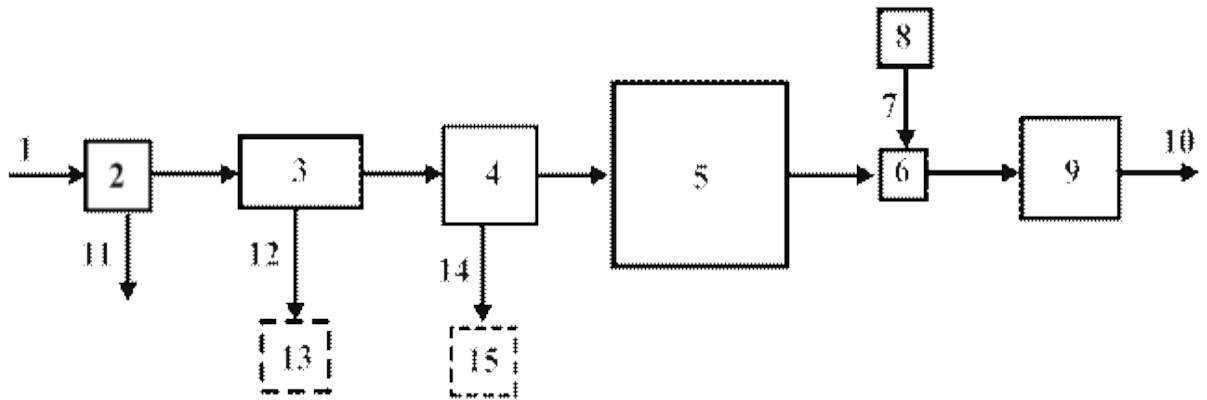


Рисунок 2.2 — Схема біологічного очищення стічних вод у природних умовах:

1 – подача стічної рідини; 2 – ґрати; 3 – пісковловлювач; 4 – двоярусний відстійник; 5 – поля фільтрації або біоставки; 6 – змішувач; 7 – хлорна вода; 8 – хлораторна; 9 – контактний резервуар; 10 – спуск очищеної води у водоймище; 11 – крупні відходи; 12 – піщана пульпа; 13 – піскові майданчики; 14 – осад, затриманий і оброблений (стабілізований) у двоярусних відстійниках; 15 – мулові майданчики.

Потім вода біологічно очищається в природних умовах – на полях фільтрації чи зрошення (це також можуть бути біологічні басейни).

Після біологічного очищення та знезараження воду скидають у водойми. На рисунку 2.3 зображена схема з біологічним очищенням стічних вод в аеротенках яка підходить при великих витратах стічних вод. Схема включає біологічну очистку в аеротенку за допомогою мікроорганізмів активного мулу з подальшим механічним очищенням води в сітці, первинному відстійнику і піщаному резервуарі. Первинний відстійник і вторинний відстійник з функцією механічного

Підп. і
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № покл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218



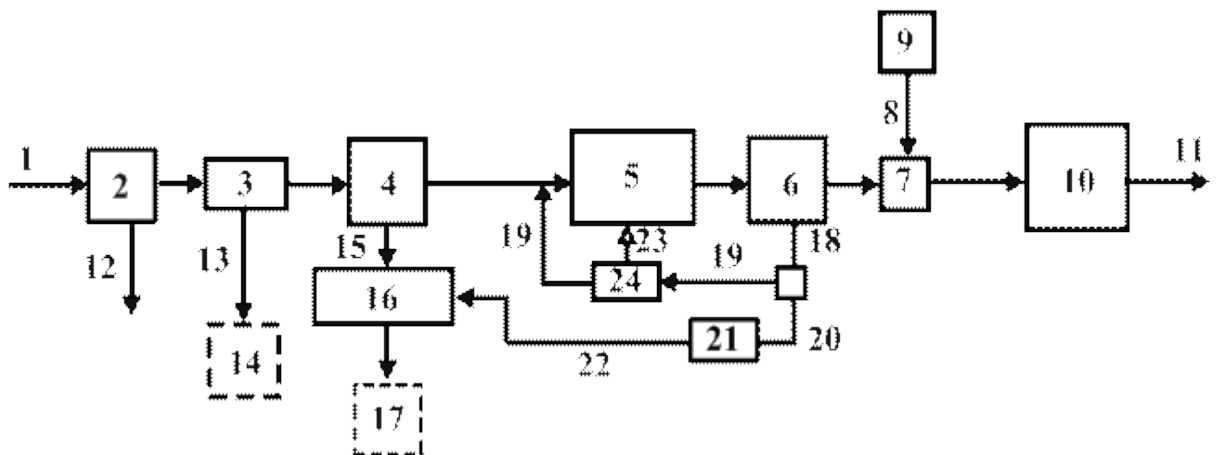
очищення води розташовані після аеротенка і використовуються для відділення активного мулу.

Далі воду знезаражують і скидають у водоймище. За цією схемою передбачені споруди для очищення мулу. Наступна схема що зображена на рисунку 2.4 відображає обробку осад.

I - Зібрати велику кількість забруднюючих речовин, що зберігаються в барах, і транспортувати їх до місця, узгодженого з органом охорони здоров'я (полігон).

II - Важкі мінеральні забруднення (переважно пісок), що потрапили в піщані кар'єри у вигляді розчину. Його відправили на заплановану зону, відому як піщане поле, щоб висушити. На цих ділянках рідини видаляються з мулу шляхом випаровування, збору стоячої води і просочування води в ґрунт з подальшим збором (дренажом).

III - Органічний мул з первинного відстійника ("сирий" мул) містить багато рідини. Для запобігання гниття осаду його мінералізують у спеціальних спорудах. Таких як стабілізація у присутності кисню (в аеробних умовах) в аеробних стабілізаторах або зброджування без кисню (в анаеробних умовах) у метантенках. Обидва процеси здійснюються за участі відповідних мікроорганізмів. Осад зневоднюють (у природних умовах) або механічно зневоднюють за допомогою спеціального обладнання (вакуум-фільтри, центрифуги, фільтр-преси).



ТС 18510218

Арк

25

Підп. і
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № покл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

Рисунок 2.3 — Схема біологічного очищення стічних вод із застосуванням аеротенків: 1 – очищувані стічні води; 2 – ґрати; 3 - пісковловлювач; 4 – первинний відстійник; 5 – аеротенк; 6 – вторинний відстійник; 7 – змішувач; 8 – хлорна вода; 9 – хлораторна; 10 – контактний резервуар; 11 – випуск очищеної стічної води у водоймище; 12 – крупні відходи; 13 – піщана пульпа; 14 - піскові майданчики; 15 – сирий осад; 16 – метантенк; 17 – мулові майданчики; 18 – активний мул; 19 – циркулюючий активний мул; 20 – надлишковий активний мул; 21 – мулозгущувач; 22 – ущільнений надлишковий активний мул; 23 – стиснуте повітря; 24 – насосно-повітродувна станція.

Застосування термічного сушіння осадів у спеціальних сушарках відбувається при необхідності додаткового зниження вологості після їх механічного зневоднення. При неможливості утилізації осаду, нестачі території для заховання чи при наявності в осадах токсичних домішок відбувається процедура спалювання осадів у спеціальних печах .

IV - Властивості надлишкового активного мулу, що залишається у вторинному відстійнику, подібні до сирого мулу, тому метод обробки окремо або в поєднанні з необробленим мулом подібний до (III) вище. Щоб зменшити об'єм осаду, його можна ущільнити (видалити частину рідини) в згущувачі.

Інв. № по дл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

26

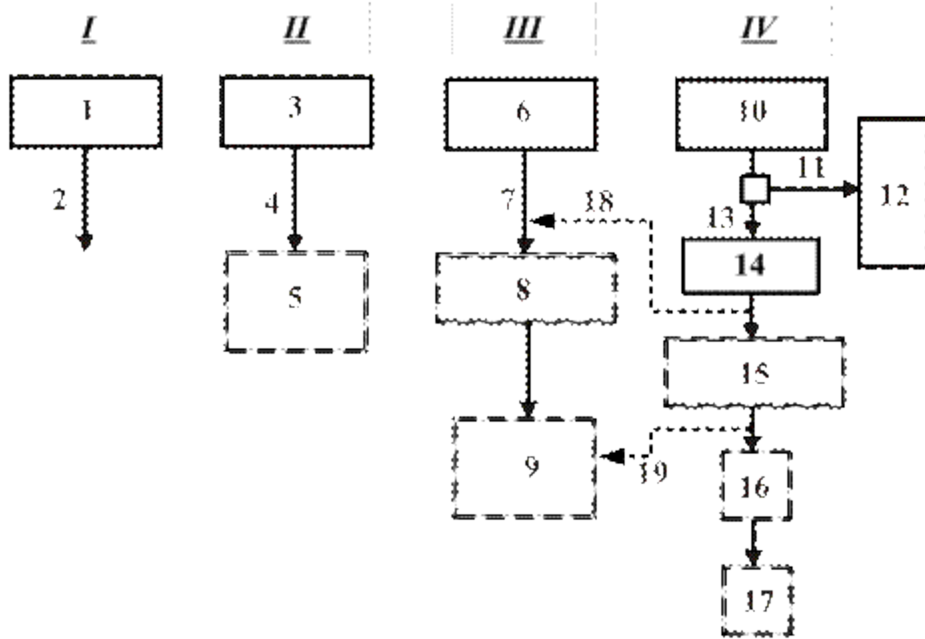


Рисунок 2.4 — Схема обробки осадів, що утворюються при очищенні стічних вод: 1 – ґрати; 2 – крупні відходи; 3 – пісковловлювач; 4 – піщана пульпа; 5 – піскові майданчики; 6 – первинний відстійник; 7 – сирий осад; 8 – метантенк; 9 – мулові майданчики; 10 – вторинний відстійник; 11 – циркулюючий активний мул; 12 – аеротенк; 13 – надлишковий активний мул; 14 – мулозгущувач; 15 – аеробний стабілізатор; 16 – вакуум-фільтр; 17 – термічне сушіння осаду; 18 – подача ущільненого надлишкового активного мулу для сумісної обробки з сирим осадом; 19 – подача стабілізованого осаду для зневоднення в природних умовах.

### *Споруди механічного очищення стічних вод*

Для видалення завислих (нерозчинених) домішок і частково колоїдів, змішання стічних вод і усереднювання концентрації їх забруднень застосовують механічне очищення стічних вод. Механічне очищення проводять проціджуванням, відстоюванням і фільтруванням. Від необхідного ступеня очищення стічних вод приймають комплексний склад споруд взаємності від їх очищення з урахуванням конкретних даних про місцеві умови.

Інв. № по обл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк  
27

Продуктивності технологічної схеми механічного очищення можуть бути наступними:

- при витраті до 300 м<sup>3</sup>/доб. - двоярусні відстійники, хлораторна установка, мулові майданчики;
- якщо витрати до 12 тис. м<sup>3</sup>/доб. - пісковловлювачі, ґрати, двоярусні відстійники, контактні резервуари, хлораторна установка, мулові майданчики;
- витрата 100 000 м<sup>3</sup>/добу. - піскозбірники, горизонтальні відстійники (витрата до 36 000 м<sup>3</sup>/добу - вертикальні відстійники, біологічні коагулятори;
- витрата понад 50 000 м<sup>3</sup>/добу - радіальні відстійники), хлорувальні установки, контактні резервуари, грязьове родовище, метант.

Решітку використовують для очищення стічних вод від великогабаритних відходів (папір, ганчір'я, гілки, каміння, овочеві та фруктові залишки тощо). Залежно від необхідного ступеня очищення його розташовують похило (60-70° до горизонту) або розташовують вертикально на шляху каналізаційних стовпів з прозорими (відстань між двома сусідніми стовпами) різного розміру.

Стрижень ґрат - це перетин прямокутного, рідше круглого. Нерухомі ґрати застосовують частіше, остов яких наглухо закріплений в нерухомій рамі. За способом видалення затриманих домішок розрізняють ґрати з очищенням механізованим і ручним методами.

Лазові пастки призначені для захоплення великих мінеральних частинок (переважно піску) під дією сили тяжіння питомої ваги, яка значно перевищує силу ваги води. Лаз - це резервуар, в якому стічні води протікають зі швидкістю 0,15-0,3 м/с, забезпечуючи втрату лише важких корисних копалин (в основному пісок розміром 0,25 мм і більше, що становить 65% від загального вмісту піску). в стічних водах). Піскозбірники спроектовані так, щоб бути горизонтальними, тангенціальними, вертикальними та надутими, щоб обробляти напрям і характер руху рідини. Видалення органічних нерозчинних забруднюючих речовин за

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і
-------------	--------------	---------------	-------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

28

рахунок сили тяжіння (випадання забруднюючих речовин з питомою вагою більше, ніж у води) або за рахунок підйому (забруднюючих речовин з питомою вагою менше, ніж у води) відбувається в відстійнику. Осілі забруднювачі збираються на дні відстійника. Встановіть скребковий механізм для видалення осаду. Для збору і видалення спливаючих речовин у передньої перегородки відстійника встановлюють поперечний переливний жолоб.

За призначенням поділяється на відстійник першого рівня та відстійник другого рівня. Первинні відстійники призначені для очищення води, яка проходить через решітки і бункери і направляється на біологічну очистку або водойми. Вторинні відстійники використовуються для уловлювання активного мулу, видаленого з біоплівки, в аеротенки або біофільтри. Залежно від напрямку руху стічних вод розрізняють горизонтальні, вертикальні та радіальні відстійники. Механічні очисні споруди можуть також включати септики, двошарові відстійники та біологічні коагулятори.

### *Біохімічне очищення стічних вод*

Біологічне очищення стічних вод - це видалення розчиненої та колоїдної органічної речовини в процесі її окислення або відновлення за допомогою мікроорганізмів, здатних мінералізуватися протягом життя. Це може відбуватися в природних і штучних умовах.

Біологічні очисні споруди в природних умовах поділяються на фільтраційні (поля зрошення та поля фільтрації) і наливні (біологічні басейни та окислювальні канали). У першому типі стічні води фільтруються через ґрунт, що містить аеробні бактерії, які поглинають кисень з повітря, у другому типі - стічні води протікають через резервуар, населений аеробними мікроорганізмами, а кисень надходить через реактор або механічну аерацію. Використовуйте біологічні та повітряні

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

29



## 2.2 Параметри оцінювання ефективності роботи систем анаеробного очищення стічних вод та їх осадів

Очисна споруда - це комплекс споруд, устаткування та комунікацій, призначених для очищення стічних вод та очищення осадів, а також допоміжних споруд, необхідних для здійснення, управління та контролю технологічних процесів, створення належних умов праці обслуговуючого персоналу, забезпечення електричною енергією станцій. ., тепло, матеріали та реагенти. Комплексні споруди очищення стічних вод і осадів розташовуються в певній технологічній послідовності, яка називається технологічним планом. Типовими технічними рішеннями є споруди механічної та біологічної очистки, доочищення та дезінфекція стічних вод, а також очищення шламу. Технічне рішення очищення стічних вод приймається за проектними критеріями та техніко-економічним розрахунком окремої споруди залежно від:

- складу та властивостей стічних вод;
- необхідного ступеня очищення стічних вод;
- продуктивності очисної станції, концентрації забруднень;
- способу подальшого використання очищеної води;
- потужності водойми, в яку скидаються очищені стічні води;
- методу утилізації утворюваних осадів;
- місцевих умов (геології, рівня ґрунтових вод, рельєфу місцевості, розмірів майданчика під очисні споруди й розмірів санітарно-захисної зони, комунікацій тощо).

Більшість каналізаційних очисних споруд України збудовані в 60–70-і рр. ХХ ст., коли концентрація забруднювальних речовин у стічних водах була значно меншою. Багатолітній досвід підтверджує екологічні та економічні переваги біологічного методу очищення. Однак потенційні можливості традиційного

ТС 18510218

Арк

31

Інв. №лодл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

процесу є фактично вичерпаними. Низька ефективність наявних очисних споруд веде до погіршення стану водних систем. Інтенсифікувати їхню роботу можна, реалізуючи трофічні зв'язки шляхом поєднання прикріплених і вільно плаваючих мікроорганізмів, а також метанове зброджування на початковій стадії процесу.

Проведені дослідження підтверджують доцільність використання іммобілізованих мікроорганізмів для інтенсифікації біологічного очищення, доводять що прикріплені гідробіонти є більш витривалими, ефективними, стабільними в порівнянні з вільно плаваючим активним мулом. Застосування носіїв дозволяє забезпечити утворення трофічних зв'язків, підвищити ступінь очищення стічних вод, а також регулювати кількість надлишкової біомаси, тобто осаду. При анаеробному процесі утворений мул більш мінералізований, ніж при аеробному.

Вищезгадані можливості реалізовані в розробленому нами анаеробно-аеробному біореакторі з іммобілізованими мікроорганізмами для повного біологічного очищення міських стічних вод. Головним недоліком сучасних біореакторів є недосконалість та складність конструкції. На відміну від інших, наш варіант об'єднує анаеробно-аеробні процеси в одній споруді, що дозволяє досягати необхідного ступеня очистки при значно менших витратах на будівництво та енергоспоживання

Дослідження проводили на каналізаційних очисних спорудах РОВКП ВКГ «Рівнеоблводоканал» за участю головного наукового співробітника Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського НАН України, проф. Гвоздяка П. І. Мета роботи — підвищити ефективність очищення міських стічних вод, збільшити окисну потужність та швидкість окислення органічних забруднювальних речовин, мінімізувати сумарні витрати енергоресурсів. Дослідження проводили в анаеробно-аеробних умовах з мікроорганізмами, іммобілізованими на носіях ВІЯ. В результаті проведеної роботи на очисній станції була впроваджена установка

Інв. №лодл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і
-------------	--------------	---------------	-------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218



(рис. 2.5) для анаеробно-аеробного біологічного очищення стічних вод (пат. 61035 України від 11.07.2011 р.).

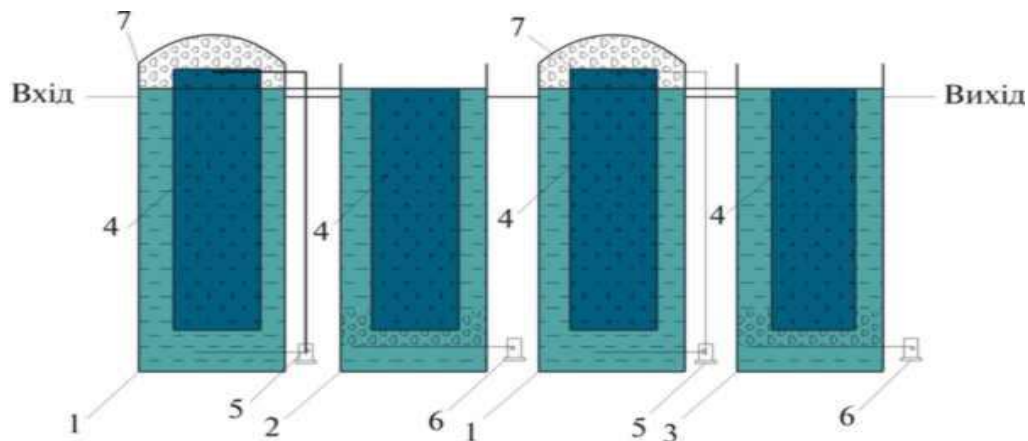


Рисунок 2.5 — Схема установки для біологічного очищення стічних вод:

1 — перша і друга анаеробні зони; 2 — аноксидна зона; 3 — аеробна зона; 4 — носії ВІЯ; 5 — рециркуляційний насос; 6 — система подачі повітря; 7 — зона утворення газів.

На установку продуктивністю 2 000–4 800 л/добу надходили міські стічні води (суміш побутових й промислових) з високою концентрацією ХСК (понад 700 мг О/л) і БСК (понад 250 мг О/л) та барвники різного походження. Установка працювала наступним чином. З лотка після первинних відстійників стічну воду подавали насосом у біореактор, де вона проходила через чотири зони (анаеробну, аноксидну, анаеробну і аеробну) ємністю по 200 л кожна, з'єднані між собою за проточною схемою. Очищену воду відводили через скидний трубопровід.

Кожна зона біореактора була устаткована носіями ВІЯ для іммобілізації мікроорганізмів (рис. 2.6). Робочий об'єм біореактора складав 712 м<sup>3</sup>, тривалість очищення стічних вод 3—8 год.

Підп. і	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №локл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк  
33



Рис. 2.6 — Носії для іммобілізуваннн гідробіонтів

Для збільшення біомаси перед початком установки носій ВІА занурювали в активний мул в аеротенку очисної споруди. Для прикріплення анаеробних мікроорганізмів носій занурюють у канал з активним мулом перед аеротенком і забруднений аеробними гідробіонами – у випускний канал після аеротенка (рис.3).



Рисунок 2.7 — Носії з іммобілізованими мікроорганізмами

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

У стаціонарному стані необхідна ефективність видалення завислих речовин і саморегулюючого надлишкового утворення біомаси забезпечується за рахунок життєдіяльності іммобілізованих на опорі живильних ланцюгів. Для здійснення бульбашкового обміну та створення безкисневих та аеробних умов у нижній частині кожної зони влаштовують невеликі бульбашкові аератори. Очищену воду скидали в лоток перед аеротенками.

На першому етапі анаеробного процесу органічні речовини розщеплюються гетеротрофними мікроорганізмами. У безкисневих умовах гетеротрофні та автотрофні бактерії забезпечують руйнування органічних речовин, що містяться у воді, після анаеробного очищення, окислення сполук амонію, аанмоксних процесів тощо. У той же час поверхня носія, товщина біологічного обростання та вільно плаваючі організми відіграють роль. На наступній стадії анаеробного процесу гетеротрофні бактерії розкладають органічні речовини, які утворилися на першій стадії та ті, що не встигли розкластися на другій. В аеробній зоні відбувається остаточне окислення забруднювальних речовин. Невелика кількість високомінералізованого осаду, видаленого з біореактора, може бути перенесена на місце мулу. Визначено ефективність видалення завислих речовин в залежності від часу перебування в споруді (рис. 2.8).

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

35

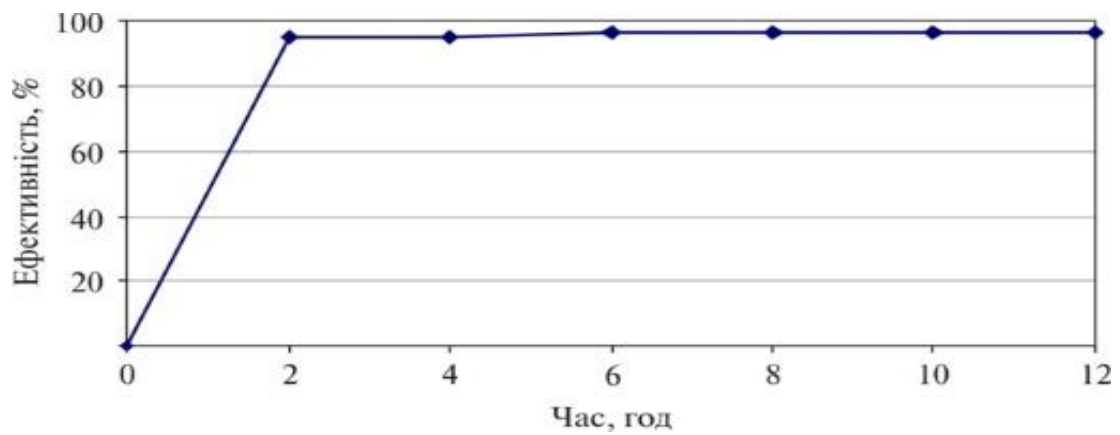


Рисунок 2.8 — Залежність ефективності видалення завислих речовин від часу перебування стічних вод в установці

Зважені речовини не видаляються повністю за рахунок збільшення часу перебування в будівлі тощо) Концентрація зважених речовин не перевищує 20 мг/л, що нижче ГДК, що скидається у водойму. Таким чином, установка працює в сталому режимі, забезпечує необхідну ефективність видалення завислих речовин та саморегулює утворення надлишкової біомаси, завдяки життєдіяльності трофічних ланцюгів, іммобілізованих на носіях.

Ефективність видалення органічних забруднювальних речовин та сполук азоту і фосфору подана в Додатку Є.

За результатами випробувань пристрою анаеробно-аеробної біологічної очистки міських стічних вод можна зробити наступні висновки: - При експлуатації установки оптимальна тривалість процесу очищення не перевищує 4 годин, що зменшує розміри будівлі та його вартість; - Зменшення концентрації завислих речовин і видалення надлишкового мулу, що дозволяє відмовитися від використання вторинних відстійників або значно зменшити їх розміри; - Можуть бути рекомендовані пристрої, розроблені для підвищення ефективності очищення стічних вод та зменшення кількості утвореного осаду [26]. Запропоноване технічне рішення водовідведення базується на раніше розроблених техніко-

Інв. №лодл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

36

проектних рішеннях. Його компонентами є раніше розроблена закрита конструкція фотобіореактора, а також раніше розроблена технологія для стабілізації відкладень стічних вод шляхом посиленого анаеробного бродіння.

Технічне рішення передбачає також очищення побутових стічних вод методами механічного та біологічного очищення за допомогою звичайних пристроїв. Технічна схема водовідведення показана на рисунку 2.9. Для його реалізації необхідно відокремити дренажну систему. Принцип роботи технічного рішення наступний. Побутові та подібні стічні води 1 надходять на очисну станцію 2, яка складається із звичайних механічних та біологічних очисних споруд. Після очисної споруди стічні води направляються у фотобіореактор 5 для додаткової очистки, який спроектовано відповідно до рекомендацій [27]. Мікроводорості також подавали у фотобіореактор для культивування та частину вуглекислого газу, отриманого в установці анаеробного зварювання 3. Крім того, димовий газ, очищений від небажаних домішок у пристрої 7, подається у фотобіореактор.

Крім того, очищені під час вирощування стічні води скидають у водойми, а димовий газ, який містить низький вміст вуглекислого газу та насичений киснем, що утворюється під час фотосинтезу, викидається в атмосферу. Урожай мікроводоростей, знятий з фотобіореактора, направляється на установку видалення олії 6. Частина виробленого біопалива направляється на місцеву теплову електростанцію 4 для спалювання для виробництва тепла та електроенергії, а решта використовується як комерційне біопаливо. Біомаса водоростей, що залишилася після добування олії, направляється в установку анаеробного зварювання 3. Осад стічних вод, що утворюється під час механічної та біологічної очистки очисної споруди 2, змішується з біомасою мікроводоростей і направляється в установку анаеробної стабілізації (ферментації), яка організовує протокол ферментації згідно з рекомендаціями [28].

Інв. №лодл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і
-------------	--------------	---------------	-------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

37



екстрагування олії біомасу мікробіодоростей рекомендується направляти на анаеробну ферментаційну установку разом з осадом, отриманим зі стадій механічної та біологічної очистки стічних вод. Запропоноване технічне рішення передбачає анаеробну стабілізацію (осад стічних вод з відходами біомаси мікробіодоростей анаеробного бродіння на установках, що реалізують технічний процес, описаний у [30]. Залежно від кінетики процесу бродіння відомо, що різні максимальні стадії оптимального стану навколишнього середовища є різні, а в деяких випадках майже протилежні [31].

Наприклад, кисле середовище з низьким рН сприяє ефективному функціонуванню кислотоутворюючих мікроорганізмів, які забезпечують стадію кислотоутворення. У той же час активність генератора кислоти ще більше її знижує. Однак це не сприяє метаболізму метаногенних мікроорганізмів, відповідальних за метаногенез на стадії метаногенезу, зменшуючи кінцеве виробництво біогазу. Лужні середовища з високим рН сприяють метаногенам, але пригнічують активність мікроорганізмів, що продукують кислоту. Це призводить до утворення меншої кількості кислоти на ацидогенній стадії, потім ацетату на ацетогенній стадії, а потім метану на стадії метаногену. Кінцевим результатом також є зниження виробництва біогазу. Якщо весь процес дроблення здійснюється в одному резервуарі, важко підтримувати оптимально збалансований рН для активності кислот і метаногенів. Очевидно, що перспективним способом інтенсифікації процесу бродіння є розподіл стадій у просторі. Таким чином, ферментаційна установка складається з чотирьох окремих резервуарів, які створюють оптимальні умови для гідролізу, виробництва кислоти, виробництва оцтової кислоти та метаногенезу. Стадія гідролізу проходить без виділення газоподібних продуктів. Під час ацидогенної та ацетогенної стадій створюються умови для активного утворення кислоти та активного виділення вуглекислого газу в газоподібному вигляді та самостійного видалення його з рослини та запобігання утворенню

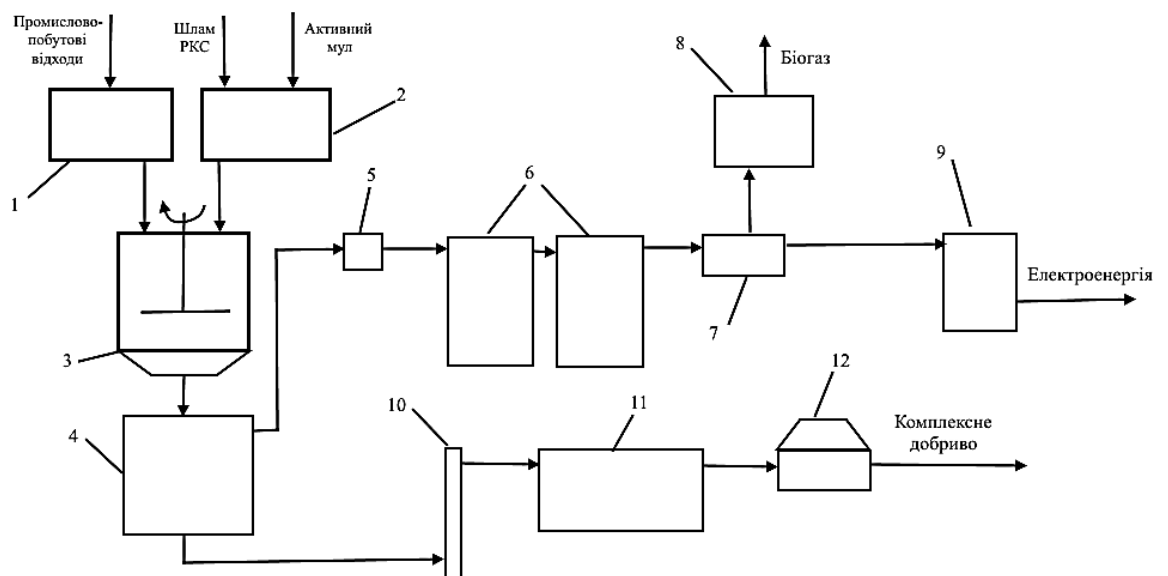
Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

метану. На стадії метаногенезу створюються умови для активного перетворення продуктів виробництва оцтової кислоти в метан з попередженням виділення вуглекислого газу в газоподібну форму. Тому розроблена схема технології водовідведення є продовженням попередньої розробки. Він передбачає використання в якості конструктивних елементів схем технології анаеробної стабілізації осаду стічних вод, представлених у [30], та розробленої раніше конструкції фотобіореактора, представленої в [27].

В роботі запропонована схема може бути реалізована на міських сміттєзвалищах та приватних чи державних промислових підприємствах (магазинах, школах, лікарнях, фабриках тощо) (рис. 2.10) [32].



1 – бункер; 2 – відстійник; 3 – усереднювач (фрезерна мішалка); 4 — біореактор; 5 – компресор; 6 — газозбірники; 7 — газогенератор; 8 – станція очистки біогазу; 9 – когенераційний блок; 10 — елеватор; 11 — ділянка дозування та фасування комплексного добрива; 12 — склад готових добрив.

Рисунок 2.10 — Технологічна схема одержання комплексного добрива на основі промислово-побутових відходів із додаванням активного мулу

Підп. і
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218



Схема повністю автоматизована і допоможе запобігти нещасним випадкам на підприємствах та заощадити заробітну плату працівників.

### 2.3 Розробка інтегрованого технологічного рішення очищення стоків та їх осадів з продукуванням корисних біопродуктів

Інтегрований підхід із трьох концепцій, пов'язаних з управлінням водними ресурсами пропонується, а саме: рекультивация води, переробка та повторне використання. Такий підхід для задоволення екологічних потреб, враховує також реалізацію цілей сталого розвитку в межах зеленої економіки. Зменшення великих обсягів стічних вод, що утворюються в усьому світі, може бути досягнуто шляхом оптимального проектування установок або технології водяного стиску, шляхом інтеграції теплових систем, масових потоків та заходів із запобігання забрудненню. Потоки стічних вод, як правило, стають більшими та складнішими, тоді як увага до здоров'я людей та збереження навколишнього середовища вимагає інноваційних інженерних рішень для ефективного застосування при очищенні стічних вод. Синергізм представлення типів забруднюючих речовин, з одного боку, та доступних процесів очищення, з іншого боку, представлено на рис. 2.11[33].

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

41

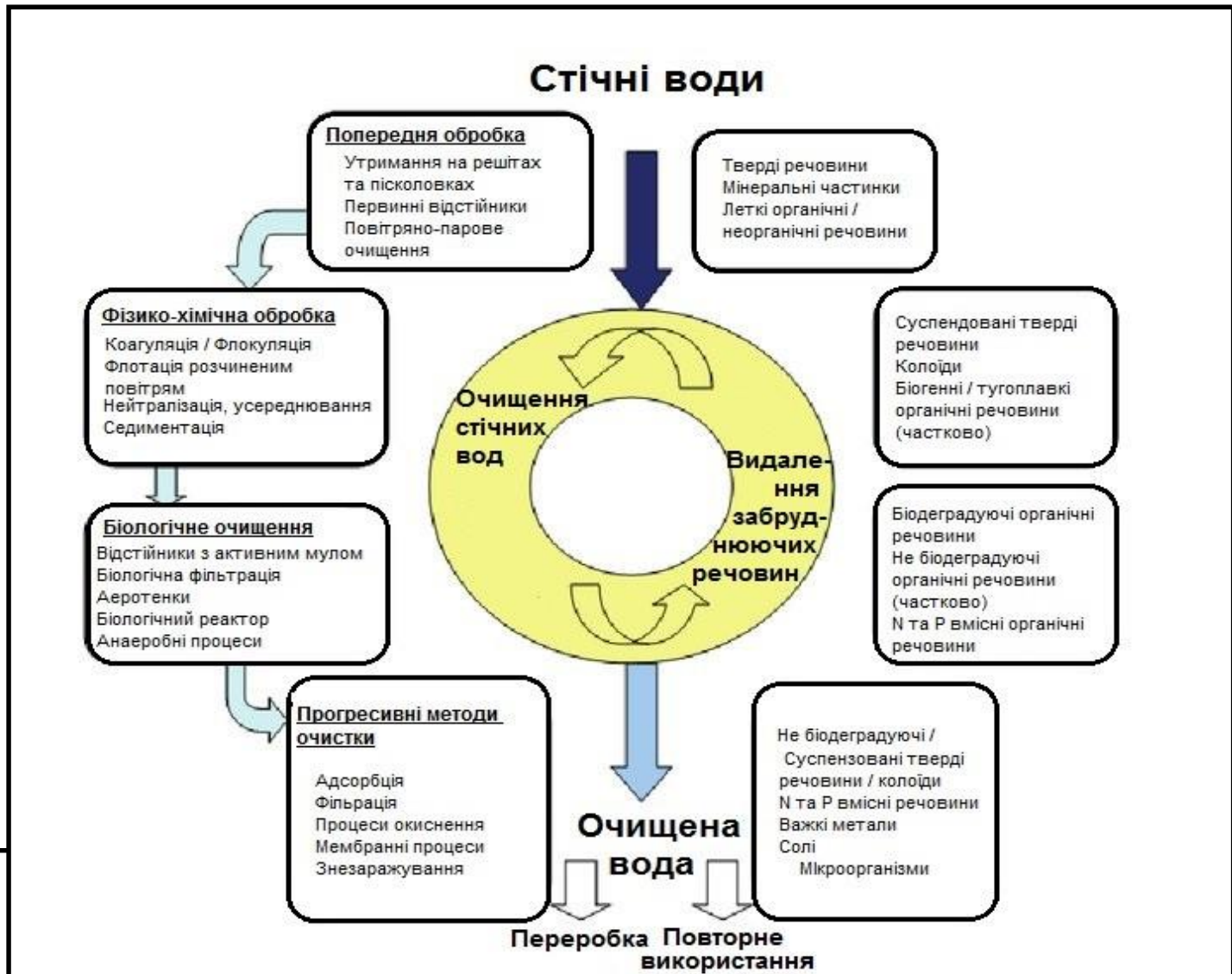


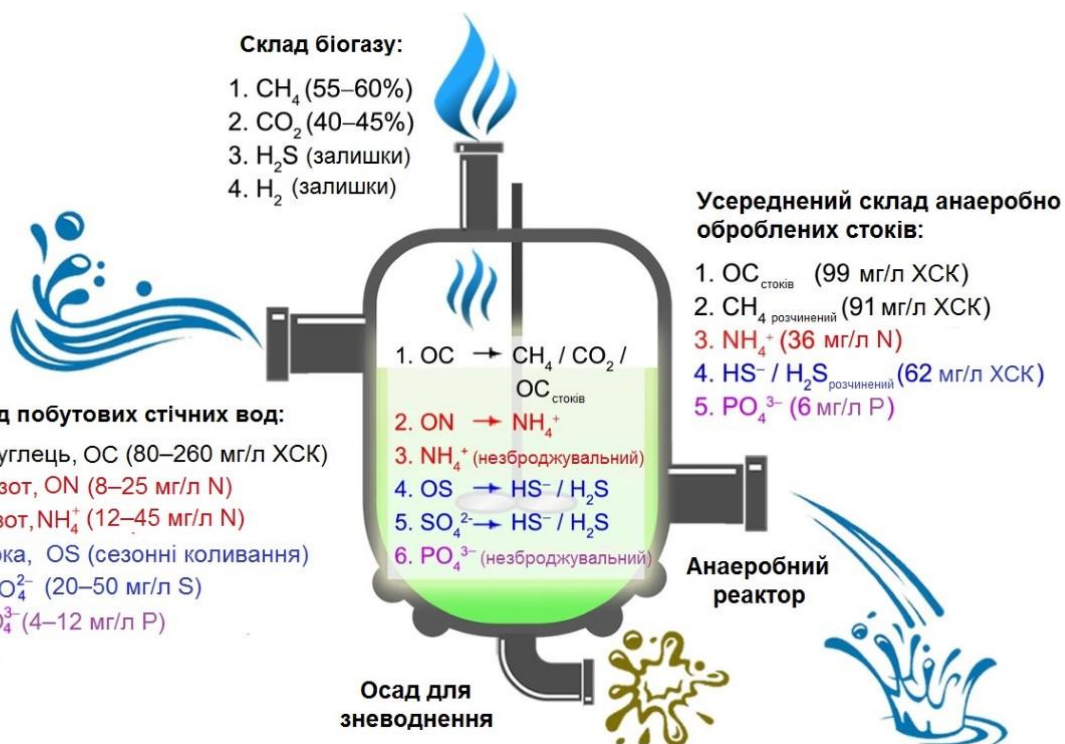
Рисунок 2.11 — Схема очищення стічних вод та видалення забруднюючих речовин з метою утилізації та повторного використання

Результатом вдосконалення технологічного процесу анаеробного зброджування можуть стати: обсягів виробництва продукції збільшаться, на одиницю продукції виробництво зменшить витрати, якості продукції покращиться, зменшення шкідливого впливу на оточуюче природне середовище та ін. [34].

Процеси анаеробного зброджування мають дві основні проблеми. По-перше, через метаболічні обмеження залучених мікробних угруповань ферментів азот (N) і фосфор (P) погано видаляються анаеробними процесами і розпадаються тільки на

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і

іони амонію ( $\text{NH}_4^+$ ) та фосфату ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) (рис. 1). Будучи поживними речовинами, надлишок сполук N і P може викликати евтрофікацію, якщо вони потраплять у водні системи. В результаті анаеробні стоки рідко відповідають стандартам скидання і, отже, вимагають процесів подальшої обробки для покращення якості води (рис. 2.12). По-друге, значна кількість виробленого метану ( $\text{CH}_4$ ) залишається розчиненою у стічних водах. газу ( $\text{CO}_2$ ), що призводить до утворення біогазу, що складається зазвичай з  $\sim 55\text{-}60\%$   $\text{CH}_4$  та  $\sim 40\text{-}45\%$   $\text{CO}_2$  (рис. 1). Згідно з попередніми звітами, рівень розчиненого  $\text{CH}_4$  може досягати  $\sim 45\%$  від загального виробництва навіть в умовах, що сприяють газоподібній формі  $\text{CH}_4$ . З економічної точки зору скидання цих стоків означає втрату цінної енергії. Тому необхідний вторинний ресурс, який може бути відновлений і об'єднаний з потоком стоків для підвищення виходу біогазу та загальної енергоефективності процесів очищення стічних вод в анаеробних очисних споруд. Таким чином, важливо переосмислити існуючі процеси, що використовуються для подальшої обробки анаеробних стоків, щоб зробити очищення стічних вод більш ефективним при залученні анаеробної обробки [35].



ТС 18510218

Арк

43

Підп. і

Інв. № дубл.

Взаєм. інв. №

Підп. і дата

Інв. № подл.

Вип. Арк. № докум. Підп. Дата

Рисунок 2.12 — Концептуалізація технологій очищення стічних вод на основі процесів анаеробного зброджування.

Мембранні технології є привабливою альтернативою багатьом традиційним процесам доочищення (рис. 2), зокрема завдяки економічності, енергоефективності, а також експлуатаційній надійності та універсальності. Виділені завдання після обробки (пунктирна червона рамка) мають переконливі можливості для процесів на основі мембрани і, таким чином, розглянуті в цьому огляді.



Рисунок 2.13 — Очищення стічних вод на основі анаеробного зброджування та різних методів доочищення, що застосовуються для обробки стічних вод.

У нинішньому стані мембранні технології доочищення, реалізовані в анаеробних процесах, значною мірою зосереджені на остаточному очищенні та видаленні поживних речовин (N та P). Зі стратегічної точки зору мембранні технології можуть запропонувати більш привабливі можливості для вилучення розчиненого  $CH_4$  та поживних речовин, щоб допомогти вирішити проблеми

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

існуючих процесів анаеробного очищення стічних вод, згаданих вище. Таким чином, визначено два напрями їхнього залучення: 1) нові можливості для покращення вилучення ресурсів (тобто розчиненого  $CH_4$  та поживних речовин) з використанням процесів на основі мембран; 2) сучасні процеси на основі мембран для видалення поживних речовин.

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і	TC 18510218					Арк
										45
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

РОЗДІЛ 3  
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Технологія очищення муніципальної станції призначена для повної біологічної очистки стічних вод та обробки забруднень. Технологічний процес проходить в дві стадії:

1. Механічне очищення;
2. Біологічне очищення.

Для подальшого дослідження використання активного мулу як субстрату для виробництва біогазу необхідно отримати обсяги.

Основним напрямком цього дослідження є розробка анаеробної моделі реактора, для моделювання процесів анаеробного розщеплення зваженої біомаси. Ця модель використовується для аналізу видобутку газу повністю змішаного анаеробного вакуумного середовища за різних умов експлуатації.

В залежності від типу місцевості, різних екологічних показників, кількості населення на території з якої збираються стічні води, способів їх транспортування і зберігання та багатьох інших факторів склад стічних вод, концентрації певних елементів можуть змінюватися.

Додатковою особливістю розрахунку являється те, що він проводиться для стічних вод в які не додаються допоміжні речовини, такі як коагулянти та флокулянти, що слугують для покращення і пришвидшення процесу очистки.

На процесі очищення та очищення істотно впливає загальна кількість стічних вод, що утворюються протягом доби, та частота надходження, на яку впливають можливості існуючих систем транспортування стічних вод.

Сумарний об'єм активного мулу, що проходить через вторинні відстійники складає  $862,4 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}$ .

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і
--------------	--------------	---------------	---------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Об'єм та кількість метантенків визначають відповідно до державних будівельних норм ДБН.2.04.03-85. Кількість метантенків повинна бути не менше двох, кожен з яких є робочим.

Місткість ферментатора визначається за формулою:

$$V = \frac{M \cdot 100}{D} = \frac{862,4 \cdot 100}{15} = 5749,3 \text{ м}^3,$$

де М – загальна кількість мулу, що надходить в метантенк, м<sup>3</sup>/добу;

Д – добова доза завантаження осаду в метантенк, %

(приймаємо 15 %) відповідно до ДБН.2.04.03-85.

Виходячи з необхідного добового запасу рідини, було вирішено встановити три реактори, кожен потужністю 2900 куб.

На підставі аналізу динаміки росту цін на енергоресурси в Україні відзначається перспективність розробки виробництва біогазу з біомаси. Для оцінки економічної ефективності біогазових установок розроблена спеціальна методика, заснована на порівнянні альтернативних варіантів переробки гною із застосуванням традиційної або запропонованої системи підводу теплоти для обігріву біогазових установок.

Критерієм оцінки ефективності в сфері експлуатації біогазових установок є річний економічний ефект.

За нинішніми світовими цінами капітальні інвестиції на будівництво біогазової установки, що складається з метантенків, резервуарів для зберігання газу та обладнання для утилізації біогазу, становлять від 500 до 1000 доларів за 1 кубічний метр метантенку. Розрахунок загальних капітальних вкладень може бути заснований на відомих пропорціях в досвіді проектування та будівництва традиційних вітчизняних біогазових установок Розподіл загальних капітальних вкладень виглядає наступним чином:

- загальнобудівельні та монтажні роботи - 27%;
- обладнання - 60%;

Підп. і
Інв. №дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. №покл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

47

- проектна і технічна документація - 13%.

Загальна вартість встановлення одного кубометра ферментера становить 620 доларів.

Повна вартість установки :

$$C = V_{\text{мет}} \cdot P = 2900 \cdot 620 \approx 1800 \text{ (тис. дол),}$$

де  $V_{\text{мет}}$ - об'єм ферментатора,  $\text{м}^3$ ;

$P$  – вартість установки, тис. дол./  $\text{м}^3$ .

Експлуатаційні витрати

Амортизаційні відрахування і поточний ремонт приймаємо 5% від вартості установки.

В результаті визначення тривалості періоду бродіння біогазової суміші з виділенням біогазу складає 15 діб. Протягом року метантенк повністю перезавантажується 24 рази.

Загальна маса біогазової суміші, що переробляється за рік, становить:

$$M = V_{\text{мет}} \cdot \rho_{\text{ст}} = 2900 \cdot 1,02 = 2958 \text{ (т),}$$

де  $\rho_{\text{ст}}$  – густина субстрату,  $\text{т}/\text{м}^3$ ;

Розрахунок прибутку від реалізації товарної продукції.

Ефект від отримання товарного біогазу:

$$C = Z \cdot V_{\text{Г}} \cdot Q_{\text{Н}}^{\text{б}} \cdot C_{\text{Г}} \cdot j = 24 \cdot 168606 \cdot 24703,4 \cdot 6,95 \cdot 0,4 = 11249392 \text{ грн,}$$

$$V_{\text{Г}} = M \cdot V_{\text{Газ}} = 2958 \cdot 57 = 168606 \text{ м}^3,$$

де  $V_{\text{Г}}$  - загальний вихід товарного біогазу,  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{Газ}}$  - вихід газу,  $\text{м}^3 / \text{т}$ ;

$j$  – ступінь розкладання органічної речовини, %.

$Z$  – кількість разів перезавантаження метантенку за рік;

$Q_{\text{Н}}^{\text{б}}$ - теплотворна здатність біогазу,  $24703,4 \text{ кДж} / \text{м}^3$ ;

$C_{\text{Г}}$  - вартість  $1 \text{ м}^3$  природного газу, грн. /  $\text{м}^3$ .

Підп. і	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

48



Нижча теплота згоряння біогазу  $Q_H^b$  визначається за формулою Менделєєва:

$$\begin{aligned} Q_H &= 128CO + 108H_2 + 234H_2 S + 339CH_4 + 589C_n H_m = \\ &= 128 \cdot 0 + 108 \cdot 3 + 234 \cdot 0 + 339 \cdot 70 + 589 \cdot 0 = \\ &= 24054 \left( \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \right), \end{aligned}$$

де CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> – склад газоподібного палива, відсотки за об'ємом при нормальних умовах (0 °C, тиск 760 мм рт.ст.).

Тоді враховуючи, що густина метану становить 0,7 кг/м<sup>3</sup>, вуглекислого газу – 1,98 кг/м<sup>3</sup>, водню - 0,0898 кг/м<sup>3</sup>, густину біогазу розрахуємо за формулою:

$$\rho_{\Pi} = \frac{\sum \rho_{\text{комп}} \cdot A_{\text{комп}}}{\sum A_{\text{комп}}} = \frac{0,7 \cdot 70 + 1,98 \cdot 27 + 0,0898 \cdot 3}{100} = 1,027 \left( \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right),$$

де  $\rho_{\text{комп}}$  – густина компонентів газоподібного палива, кг/м<sup>3</sup>;

$A_{\text{комп}}$  – вміст компонентів у газоподібному паливі, %.

Тоді:

$$Q_H^b = Q_H \cdot \rho_{\Pi} = 24054 \cdot 1,027 = 24703,4 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3},$$

Амортизаційні відрахування та поточне технічне обслуговування зменшилися на 1,8% до 3,2% річних через меншу кількість прочиток теплопроводів протягом року.

Простий термін окупності для трьох метантенків складає:

$$T = 1800 \text{ тис. дол} \cdot 3 \cdot 26,9 / 11249392 \cdot 3 = 4,3 \text{ років.}$$

Енергія біогазу, яка виробляється протягом доби, визначається за формулою:

$$E_6 = V_6 \cdot Q_H^b,$$

де  $E_6$  - енергія біогазу, яка виробляється протягом доби, МДж/добу;

$V_6$  - об'єм виробленого за добу біогазу, м<sup>3</sup>/добу;

$Q_H^b$  - нижча теплота згоряння біогазу, МДж/ м<sup>3</sup>.

Підп. і
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № подл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

49

Об'єм виробленого за добу біогазу визначається за формулою:

$$V_6 = \frac{m_{\text{АСР}} \cdot b \cdot j}{100} = \frac{15,77 \cdot 712 \cdot 40}{100} = 4494,45(\text{м}^3),$$

де  $m_{\text{АСР}}$  – кількість субстрату, що завантажується в метантенк за добу, т/добу;

$b$  – вихід біогазу з одиниці абсолютно сухої речовини,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;

$j$  – ступінь розкладання органічної речовини, %.

Ступінь розкладання органічних речовин внаслідок анаеробного збродження становить 40 % (при цьому вихід метану дорівнює 70 %).

Маса абсолютно сухої органічної речовини гною  $m_{\text{АСР}}$  визначається із виразу:

$$m_{\text{АСР}} = \frac{m_{\text{доб}} \cdot (100 - W_{\Gamma}^{\text{H}})}{100} = \frac{0,002282 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot (100 - 92)}{100} = 15,77 \left( \frac{\text{т}}{\text{добу}} \right),$$

де  $m_{\text{доб}}$  - добова маса сировини, що надходить на переробку, т/добу;

$W_{\Gamma}^{\text{H}}$  - необхідна відносна вологість гною, %.

$$E_6 = 4494,45 \cdot 24703,4 = 111 \text{ ГДж.}$$

Завдяки встановленню 3 біогазових реакторів по всій території загальне добове виробництво біогазу становить 333 ГДж.

Будівлі каналізаційних очисних споруд м. Комсомольська Полтавської області розташовані на території Полтавського гірничозбагачувального комбінату.

Загальна площа будівель складає 2 599,2  $\text{м}^2$ .

В 2019 році було проведено енергетичне обстеження будівель гірничозбагачувального комбінату. Теплове навантаження всіх будівель і споруд очисної споруди становить 237,6 кВт.

Розподіл навантаження на будівлі наведено в Додатку Ж

Максимальна кількість тепла, необхідна для опалення офісної будівлі в день, становить 237,6 кВт = 20,52 ГДж. Максимальна кількість тепла, необхідна для підтримки необхідної температури ферментера на добу, становить 247,8 кВт = 21,4

Підп. і	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №покл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

50

ГДж. Дигестат становив 291,08 ГДж, оскільки були забезпечені всі потреби очисної споруди.

Простий термін окупності з урахуванням забезпечення на власні потреби складає:

$$T = 1800 \text{ тис. дол} \cdot 3 \cdot 26,9 / 9827016,5 \cdot 3 = 4,9 \text{ років.}$$

Добове виробництво біогазу може задовольнити добове теплове навантаження адміністративної будівлі (20,52 ГДж) та добовий підігрів ферментаційних ємностей для підтримки необхідного температурного режиму бродіння (21,4 ГДж) на території Комсомольського збагачувального комбінату та реалізувати відпочити, тим самим отримати прибуток. Тоді термін окупності складатиме 4,9 роки.

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і	ТС 18510218				Арк
									51
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

## РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система законодавчих актів, лікувально-профілактичних, технічних, організаційних, гігієнічних і соціально-економічних заходів і засобів, спрямованих на створення безпечних умов, збереження працездатності та здоров'я людини в процесі праці. На будь-якому підприємстві охорона праці є обов'язковою частиною. Згідно ст 4.Закону України «про охороні праці» [36] державна політика в області охорони праці спрямована на створення належних, здорових і безпечних умов праці, запобігання професійним захворюванням і нещасним випадкам.

Персонал очисних споруд піддається впливу наступним небезпечним і шкідливим виробничим факторам:

- порушення параметрів мікроклімату робочої зони ( температура повітря, швидкість руху повітря, відносна вологість повітря, інтенсивність теплового випромінювання від нагрітих поверхонь);
- підвищений рівень виробничого вібрації та шуму;
- вплив шкідливих речовин при обслуговуванні цеху обробки осаду та очисних споруд;
- можливість травмування від рухомих частин механізмів і машин;
- можливість ураження електричним струмом при обслуговуванні електрообладнання.

При виконанні технологічного процесу очистки стічних вод біологічним методом (біогазові установки) обов'язковою умовою є суворе дотримання безпечних методів виконання робіт, дотримання протипожежних заходів і правил особистої гігієни праці.

ТС 18510218

Арк

52

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і
------------	--------------	-------------	------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Обладнання, яке використовує газ, які воно подає, обліковує та регулює, є об'єктами підвищеної небезпеки та потребує особливого догляду під час експлуатації.

Біогаз відноситься до групи речовин, здатних утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям, а для біогазу специфічних компонентів межі концентрації займання визначаються згідно з ГОСТ 12.1.044 - 89 [37]. За токсичністю біогаз відноситься до 4 класу речовин небезпеки відповідно до ГОСТ 12.1.007 – 76 [38] «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

Біогазові установки можуть бути небезпечними в багатьох ситуаціях:

1. Хоча біогаз ( $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^2$ ) легший за повітря, він схильний до стратифікації. При цьому на дні накопичується вуглекислий газ ( $\rho = 1,85 \text{ кг/м}^2$ ), а легший метан ( $\rho = 0,72 \text{ кг/м}^2$ ) піднімається. Витік біогазу (неочищеного та очищеного) може спричинити отруєння або асфіксію.

2. Суміш біогазу та повітря може вибухнути, якщо відсоток загальної суміші перевищує 6% і є джерело займання з температурою вище  $700^\circ\text{C}$ .

3. Небезпеки через роботу/вихід з ладу обертових частин агрегату, електроприладів, трубопроводів і напірних резервуарів [39].

У затверджених правилах безпеки біогазової установки детально описані повні технічні засоби поводження з окремими елементами будівлі, спалювання газу та розміщення генераторів, приймання виконаних робіт, експлуатація та зупинка установок, організація опису зон підвищеної небезпеки (вибухонебезпечних зон), попередження аварій тощо. Випробування та введення в експлуатацію біогазових установок повинні відповідати ДСТУ 7588:2014 [40] "Техніка сільськогосподарська. Крім того, додано вимоги з охорони праці, оскільки в БДУ працює окремий персонал.

Необхідно надати документ, що містить вибухонебезпечні зони, які можуть визначити [41]:

Інв. № до обл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № до обл.	Підп. і
----------------	--------------	---------------	----------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

- де утворюються вибухонебезпечні газові суміші та наскільки вони небезпечні;
- які заходи вживаються для зменшення цієї небезпеки;
- принципова схема зони вибуху.

Захисна дистанція спрямована на безпеку під час вибухів. Зона 0 – це зона, де існує постійний ризик вибуху (при нормальній роботі біогазові установки зазвичай не вибухають). Зона 1 охоплює райони, де час від часу присутні вибухонебезпечні атмосфери різних газів (наприклад, навколо газових факелів). Зона 2 охоплює території, де з газів можуть утворюватися вибухонебезпечні середовища [42]. Відповідно до ГОСТ 12.1.030-81[43] заземлення використовується для запобігання ураження електричним струмом. Крім того, експлуатаційна безпека при нормальній експлуатації забезпечується використанням ізоляції, огороження струмоведучих частин, використанням низької напруги. Персонал, який працює на електроустановках, повинен використовувати засоби індивідуального захисту - спецвзуття, рукавички. Захисні пристрої необхідно регулярно перевіряти і захищати від механічних пошкоджень, факторів, що погіршують їх діелектричні властивості [44]. Обов'язкове встановлення захисного заземлення. При виконанні робіт зі зниження напруги струмоведучі частини необхідно заземлити відразу після перевірки відсутності напруги. Заземлені струмоведучі частини повинні бути відокремлені від струмоведучих частин за допомогою видимих пошкоджень (замкнуті вимикачі, роз'єднувачі, роз'єднувачі або вимикачі навантаження, зняті запобіжники, зняті шини або дроти). Біогазові установки. Методи випробувань". Встановіть додаткове заземлення безпосередньо на робочому місці на випадок, якщо ці частини можуть перебувати під напругою (потенціалом), що може призвести до ураження електричним струмом, або коли напруга від зовнішнього джерела живлення перевищує 42 В змінного струму та 110 В постійного струму. [38]. При

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і
-------------	--------------	---------------	-------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

54

роботі на біогазовій установці необхідно дотримуватися вимог гігієни та гігієни праці, стежити за дотриманням мікроклімату, освітлення, шуму та вібрації. Нормовані параметри мікроклімату: температура ( $t$ , °C) і відносна вологість ( $V_t$ ,%), її швидкісне переміщення (м/с), потужність теплового випромінювання ( $V_t/m^2$ ) Допустимі відхилення наведені в Додатку 3

Вимоги до мікроклімату джерелами промислового шуму та вібрації можуть бути двигуни, вентилятори, насоси. Захист від шуму слід досягати шляхом використання засобів індивідуального захисту та розробки звукоізоляційного обладнання будівельними та акустичними методами.

Основні технічні заходи щодо зниження шуму та вібрації [41]:

- правильне проектування великогабаритних фундаментів для вібраційного обладнання (дробарки тощо) з урахуванням динамічних навантажень;
- використання антивібраційних гнучких вставок на вихлопі нагнітачів;
- застосування Амортизаційне гумове покриття;
- зниження шуму для галасливих автомобілів з кожухом.

Протипожежний захист об'єктів і споруд має відповідати вимогам законодавства України «Пожежна безпека» [45] та ДБН 360-92[46]. Гідранти повинні бути справними та зручними у використанні. Об'єкти водопостачання та водовідведення мають бути оснащені вогнетривким житом та оснащені протипожежним обладнанням [42]. Генеральний план протипожежного водопостачання та план розводки водяного насоса вивішують на місці насосної станції. Відкрите вогонь і дим не допускається в ємності, грилі та в приміщенні, де розташована хлорувальна установка. Заборонено палити біля відкритих колодязів, використовувати вогонь у колодязях та над відкритими люками. Під час експлуатації виробничих і складських будівель у всіх приміщеннях необхідно

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

55

дотримуватись вимог Правил пожежної безпеки України. Територія, де розташовані метантенки та газосховища, повинна бути огорожена.

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і	ТС 18510218					Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	56



## ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломного проекту було проведено аналіз екологічно безпечних технологічних процесів з розробкою інтегрованого підходу до стадій біологічного очищення стічних вод та їх осадів.

Протягом виконання роботи було:

1. Проаналізовано основні екологічні проблеми процесів очищення стічних вод та наслідки надходження у поверхневі водні об'єкти забруднюючих речовин. Розглянуто основні групи токсикантів, що входять до складу стічних вод, та напрямки їх впливу на стан гідросфери.

2. Проаналізовано технологічні рішення щодо підвищення екологічної безпеки процесів водовідведення та очищення стічних вод. Визначено переваги та недоліки технологій очищення стоків за основними групами методів: механічні, фізико-хімічні та біологічні.

3. Визначено технологічні параметри анаеробної конверсії стічних вод для оцінювання ефективності роботи систем біоочищення стічних вод та їх осадів з отриманням корисних біопродуктів.

4. Запропановано інтегрований підхід до очищення стічних вод та осадів на основі трьох концепцій, пов'язаних з управлінням водними ресурсами, а саме: рекультивация водних ресурсів, переробка та повторне використання. Такий підхід для задоволення екологічних потреб, враховує також реалізацію цілей сталого розвитку в межах зеленої економіки.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і
--------------	--------------	---------------	---------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

57

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Екологічна безпека України: Навчальний посібник / М. І. Хилько. – К., 2017. – арк .
2. Венгерцев Ю.О. Стічні води, їх класифікація та методи очищення [Електронний ресурс] / Венгерцев Ю.О. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/5080102/page:20/>.
3. ДБН Б.2.2-12:2018 «Видання. Планування і забудова територій».
4. ДБН В.2.5-74:2013 «Видання. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди».
5. Про затвердження Методичних рекомендацій із здійснення стратегічної екологічної оцінки документів державного планування: наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 10.08.2018 № 296.
6. Стратегія розвитку водної політики України - Водна Стратегія [Електронний ресурс] // Кабінету Міністрів України. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Telegram%20Desktop/KMU\\_Water%20Strategy\\_new.pdf](file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Telegram%20Desktop/KMU_Water%20Strategy_new.pdf)
7. Міністерство розвитку громад та територій України [Електронний ресурс] Офіційний веб-сайт Міністерства розвитку громад та територій України– Режим доступу до ресурсу: <https://www.minregion.gov.ua/>.
8. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні вод [навчальний посібник] / [В.М. Савицький, В.К. Хільчевський, О.В. Чунар'ов, М.В. Яцюк]. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007. – 152с.
9. Медичний портал MedicLab (Medical information portal): електронний ресурс / Режим доступу: <http://mediclab.com.ua/index.php?newsid=13091>  
Походження, властивості і склад господарсько-побутових стічних вод.

ТС 18510218

Арк

58

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і
--------------	--------------	---------------	---------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

10. ДБН В.2.5-75:2013 «Видання. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди».

11. Саблій Л. А. Сучасні біотехнології видалення азоту із стічних вод / Л.А. Саблій, В.С. Жукова // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування : зб. наук. праць. – Рівне, 2010. – Вип. 1 (49) : Технічні науки. – С. 25-31.

12. Ушкаренко В.О. Зрошуване землеробство : [Електронний ресурс] підручник для студ. та викладачів вищих навч. закладів агроном. спец. / Віктор Олександрович Ушкаренко. – К.: Урожай, 1994. – 326 с. – Режим доступу до підручника: <http://buklib.net/books/34325/>.

13. Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України: Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України № 37 від 19.02.2002, м. Київ.

14. Нітратне забруднення джерел питної води в Україні: дослідження ВЕГО «МАМА-86» 2001-2008 роки. – Київ, 2009.

15. Коткова Т.М. Моніторинг забруднення сполуками азоту річок Лугинського району Житомирської області / Т. М. Коткова, В. І. Котков, Г. О. Селезньова // Вісник ЖНАЕУ. – 2011. – № 2, т. 1. – С. 106-112.

16. Болдін А.А. Хімічне забруднення природних вод / А.А. Болдін // Світ хімії: зб. наук. праць. – 2004. – № 9. – С. 123-128.

17. Способи очищення стічних вод: електронний ресурс / Режим доступу: <http://expertmeet.org/topic/17316-способи-очищення-стічних-вод/>

18. Кіндюк Б.В. Житлово-комунальне господарство міст: Конспект лекцій для студентів Енергетичного інституту спеціальності 8.07.08.01 – екологія та охорона навколишнього середовища / Кіндюк Б.В., Бизова М.Б., Бірюков О.В.. – Одеса: Наука і техніка, 2008. – 120 с.

19. Ваганов І.І. Інженерна геологія та охорона навколишнього середовища / І.І. Ваганов, І.В. Маєвська, М.М. Попович. – Вінниця: Універсум, 2009.:

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № добул.	Підп. і
--------------	--------------	---------------	---------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 18510218	Арк
						59

електронний ресурс / Режим доступу:  
<http://posibnyky.vntu.edu.ua/geologiya/12.1.htm>.

20. Новицька Л.Л. Промислова екологія:електронний ресурс/ Режим доступу:  
[http://lubbook.net/book\\_353.html](http://lubbook.net/book_353.html).

21. Біологічне очищення стічних вод: електронний ресурс / Режим доступу:  
[http://pidruchniki.com/1584072041610/ekologiya/promislova\\_ekologiya](http://pidruchniki.com/1584072041610/ekologiya/promislova_ekologiya).

22. Wastewater Treatment / [Henze M., Harremoes P., Jansen C., Arwin E.]. – Berlin, New York: Springer, 2002. – 430 p.

23. «Експлуатація систем водопостачання, каналізації і газопостачання»: довідник / [В.Д. Дмитрієв, Д.О. Коровій, О.І. Корабльов та ін.]. – Ленінград:Стройиздат, 1976 р., 1981р., 1988 р., із змінами: електронний ресурс / Режим доступу: <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-137-oborudovanie/index.htm>.

24. Т. С. Айрапетян; Харк. нац. ун–т міськ. госп–ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 121 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/33754521.pdf>.

25. Бляшина М. В, Саблій Л. А. Технологія та обладнання для анаеробно-аеробного очищення стічних вод. URL: <https://waste.ua/eo/2012/wastewater/treatment/>.

26. Методи і технологічні схеми очищення стічних вод. Студопедія. URL: [https://studopedia.su/9\\_60177\\_metodi-i-tehnologichni-shemi-ochishchennya-stichnih-vod.html](https://studopedia.su/9_60177_metodi-i-tehnologichni-shemi-ochishchennya-stichnih-vod.html).

27. Shamanskyi, S. Construction Arrangement for Cultivating Microalgae for Motor Fuel Production [Text] / S. Shamanskyi, S. Boichenko // Systemy i Srodki Transportu Samochodnego. – Rzeszow: Politechnika Rzeszowska., 2016. – P. 181–188.

28. Кулик, Н. С. Авиационная химмотология: топлива для авиационных двигателей. Теоретические и инженерные основы применения [Текст] / Н. С. Кулик, А. Ф. Аксенов, С. В. Бойченко, А. И. Запорожец. – Киев: НАУ, 2015. – 560 с.

Підп. і	
Інв. №дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. №попл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

60

29. Pruvost, J. Systematic Investigation of Biomass and Lipid Productivity by Microalgae in Photobioreactors for Biodiesel Application [Text] / J. Pruvost, G. Van Vooren, B. Le Gouic, A. Couzinet-Mossion, J. Legrand // Bioresource Technology. – 2011. – Vol. 102, Issue 1. – P. 150–158. doi: 10.1016/j.biortech.2010.06.153

30. Шаманський, С. Й. Енергоєфективна та екологічно безпечна технологія стабілізації осадів стічних вод авіапідприємств [Текст] / С. Й. Шаманський, С. В. Бойченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – Т. 5, № 8 (77). – С. 39–45. doi: 10.15587/1729-4061.2015.52264

31. Караева, Ю. В. Обзор биогазовых технологий и методов интенсификации процессов анаэробного сбраживания [Текст] / Ю. В. Караева, И. А. Трахунова // Труды Академэнерго. – 2010. – № 3. – С. 109–127.

32. Шумило К.П. Особливості розрахунку технологічних норм в умовах перервного та безперервного хімічного виробництва/ К.П. Шумило, Н.А. Караван// Тези Міжнародної науково-практичної інтернет конференції «Тридцять п'яти економіко-правові дискусії» м. Львів, 21 березня 2019 р. – С.10-12

33. Daniela Cailean, Carmen Teodosiu, Florina Ungureanu. Engineering challenges in advanced wastewater treatment. Environmental Engineering and Management Journal.013, Vol.12, No. 8, 1541-1551.

34. Шумило К.П. Оцінка інноваційних проектів, спрямованих на вдосконалення технологічного процесу/ К.П. Шумило, Н.А. Караван// Тези Міжнародної науково-практичної інтернет конференції «Тридцять перші економіко-правові дискусії» м. Львів, 31 жовтня 2018 р. – С.8-10.

35. Rongwong, W., Lee, J., Goh, K. et al. Membrane-based technologies for post-treatment of anaerobic effluents. npj Clean Water 1, 21 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41545-018-0021-y>.

36. Закон України Про охорону праці. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>.

Підп. і
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № покл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк  
61

37. ГОСТ 12.1.044-89 Система стандартів безпеки праці. Пожежовибухонебезпека речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їх визначення (ИСО 4589-84).

38. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартів безпеки праці. Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки

39. Жидецький В.Ц. Практикум із охорони праці / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

40. ДСТУ 7588:2014 Сільськогосподарська техніка. Установки біогазові. Методи випробування

41. Ярова І.Я. Охорона праці. Спеціальні розділи, 2007. – 76 с.

42. Михайлов А. А. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие / А. А. Михайлов. – Питер: СПб, 2006. – 302 с.

43. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення

44. Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації водопровідно-каналізаційних споруд [Електронний ресурс]. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1404-04>.

45. Про пожежну безпеку. Верховна Рада України. URL: <https://doi.org/10.1007/s11696-020-01055-y>.

46. ДБН 360-92 «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень».

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № добул.	Підп. і
--------------	--------------	---------------	---------------	---------

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Арк

62

## ДОДАТКИ

### ДОДАТОК А

Класифікація населених пунктів та їх агломерацій за об'ємами СВ

№з/п	Категорія населеного пункту чи агломерації	Еквівалентна кількість жителів, осіб	Об'єми СВ, м3 /добу
1	Дуже малі	50 – 500	10 – 100
2	Малі	500 – 5 000	100 – 1 000
3	Невеликі	5 000 – 20 000	1 000 – 4 000
4	Середні	20 000 – 50 000	4 000 – 10 000
5	Великі	50 000 – 200 000	10 000 – 40 000
6	Крупні	200 000 – 1 000 000	40 000 – 200 000
7	Дуже крупні	> 1 000 000	> 200 000

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

63

## ДОДАТОК Б

### Питомі середньодобові нормативи споживання питної води

№ з/п	Ступінь благоустрою житла	Норматив питного водоспоживання на одного жителя, л/добу
1	Житлова забудова з внутрішнім водопроводом і каналізацією без ванн	100 – 135
2	Те ж саме з ваннами і місцевими водонагрівачами	150 – 230
3	Те ж саме з централізованим гарячим водопостачанням	230 - 285

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

64



## ДОДАТОК В

Розрахункова кількість основних забруднень у стічних водах від одного жителя

№ з/п	Показник	Кількість забруднень на одного жителя, 10-3 кг/добу
1	Завислі речовини	65
2	БСК5 неосвітлених стоків	54
3	БСКповн. неосвітлених стоків	75
4	ХСК неосвітлених стоків	87
5	Азот загальний N, у т. ч. азот амонійних солей (N)	11 8
6	Фосфор загальний P, у т. ч. фосфор фосфатів (P)	1,8 1,44
7	Хлориди (Cl)	9
8	Поверхово активні речовини (ПАР)	2,5

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

65

## ДОДАТОК Г

### Допустимі величини показників якості стічних вод

Назва речовини	ГДК у стічних водах, що надходять на споруди біологічної очистки (мг/л)	ГДК шкідливих речовин у воді водних об'єктів		
		господарсько-питного водопостачання (мг/л)	клас небезпеки	Рибогосподарського призначення (мг/л)
Азот амонійний	30,0	2,0	3	0,5

### Допустимі величини показників якості стічних вод

Назва речовини	ГДК у стічних водах, що надходять на споруди біологічної очистки (мг/л)	ГДК шкідливих речовин у воді водних об'єктів		
		господарсько-питного водопостачання (мг/л)	клас небезпеки	Рибогосподарського призначення (мг/л)
Нітрати (за N <sub>03</sub> )	45,0	45,0	2	40,0
Нітрити	3,3	3,3	2	0,08

Підп. і
Інв. № дубл.
Взаєм. інв. №
Підп. і дата
Інв. № покл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 18510218

Допустимі величини показників якості стічних вод

Назва речовини	ГДК у стічних водах, що надходять на споруди біологічної очистки (мг/л)	ГДК шкідливих речовин у воді водних об'єктів		
		господарсько-питного водопостачання (мг/л)	клас небезпеки	Рибогосподарського призначення (мг/л)
Фосфати	10,0	3,5	4	—

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

67

## ДОДАТОК Є

### Ефективність очищення стічних вод

Показники	Вхід, мг/дм <sup>3</sup>	Вихід, мг/дм <sup>3</sup>	ГДК*, мг/дм <sup>3</sup>	Ефективність, %
БСК <sub>5</sub>	150–250	5,0–6,0	15	96-98
ХСК	150–900	20–40	80	97-99
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	12,0–18,0	1,5–3,0	6,5	89-92
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	—	9,0-10,0	26,6	Допустимо
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	—	0,2-0,3	0,25	Допустимо
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	20,0–50,0	0,6	2	97-100

Інв. № по обл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

68

## ДОДАТОК Ж

### Розрахункові теплові навантаження

№, п/п	Споживачі теплоти	Система радіаторного опалення, кВт	ГВП, кВт	Разом, кВт
1	Адміністративно-побутовий корпус	75,1	10*	85,1
2	Будівля біофільтрів	26	-	26
3	Насосна очищених стоків	15	-	15
4	Будівля повітродувки	38	-	38
5	Хлораторна	22	-	22
6	Гараж	19,5	-	19,5
7	Виробничий блок	32	-	32
				237,6

\* - навантаження на систему ГВП враховується лише як 10 кВт.

Інв. № по обл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

69

## ДОДАТОК 3

### Вимоги до мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Допустима температура на робочих місцях, °С	Допустима відносна вологість на постійних та непостійних робочих місцях	Допустима швидкість руху кисню на постійних та непостійних робочих місцях, м/с	
				Постійних	Непостійних
Холодний	Середньої важкості Пб	15-21	13-23	75	Не більше 0,4
Теплий	Середньої важкості Пб	16-27	15-29	70 при 25°С	0,2-0,5

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 18510218

Арк

70