

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

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра інженерної екології

«На правах рукопису»
УДК 574, 628, 663,667, 014

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Ткачук К.К.
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ____ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності _____ 101 «Екологія»
(код і назва спеціальності)

на тему «Модернізація установки мікробіологічного очищення стічних вод
хімічних підприємств»

Виконала: студентка VI курсу, групи ОЗ-71мп

Литвиненко Валерія Анатоліївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник проф., д.т.н., проф. Ремез Н.С.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент проф., д.т.н., проф. Зуєвська Н.В.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Київ – 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра інженерної екології

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою
 Спеціальність – 101 «Екологія»
 Спеціалізація – Інженерна екологія та ресурсозбереження

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
 _____ Ткачук К.К.
 (підпис) (ініціали, прізвище)
 «__» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Литвиненко Валерії Анатоліївні

1. Тема дисертації «Модернізація установки мікробіологічного очищення стічних вод хімічних підприємств»

науковий керівник дисертації Ремез Наталія Сергіївна, д.т.н. професор,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання студентом дисертації _____

3. Об'єктом дослідження є процес очищення стічної води хімічних підприємств які містять гексаметилендіамін.

4. Предметом дослідження є показники процесу очищення стічних вод, що характеризуються технологічною і екологічною ефективністю впровадженої технології.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: надати загальні відомості про установку мікробіологічного очищення; провести аналіз технологічного процесу та техніко-економічних показників роботи установки; запропонувати

двоступеневу технологічну схему роботи установки; економічно обґрунтувати ефективність запропонованого методу.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу 18 таблиць, 28 рисунків, 35 формул.

7. Орієнтовний перелік публікацій Результати наукових досліджень були представлені на II міжнародній науково-практичній конференції «Наука та технології» (30-31 травня 2018 р.), на XLIII Міжнародній науковій конференції «Актуальні наукові дослідження в сучасному світі (26-27 листопада 2018 р.)»

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормконтроль	Репін М.В		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Затвердження теми магістерської дисертації науковим керівником		
2.	Написання 1 розділу магістерської дисертації		
3.	Написання 2 розділу магістерської дисертації		
4.	Написання 3 розділу магістерської дисертації		
5.	Написання 4 розділу магістерської дисертації		
6.	Строк подання магістерської дисертації на кафедру		
7.	Захист магістерської дисертації		

Студент

_____ (підпис)

В. А. Литвиненко
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

Н. С. Ремез
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків. Робота виконана в обсязі 91 сторінка, містить 28 рисунків, 18 таблиць, 35 формул.

В останні роки загострився інтерес світового екологічного, енергетичного та ділового співтовариства до проблем пов'язаних з водними ресурсами. Однією з найперших проблем є вирішення ряду питань, щодо очищення води та її повторного використання в господарстві. На даний час розроблено безліч методів для очищення води як від легких забруднювачів, так і від специфічних, таких як хімічні сполуки, які розчиняються у воді. Особливу увагу слід звернути на очищення води, яка використовувалась хімічними підприємствами. Тому актуальною проблемою є саме очищення стічних вод хімічних підприємств. Застосування мікробіологічної установки забезпечить покращення екологічної ситуації району де скидається вода.

Метою дослідження є удосконалення установки мікробіологічного очищення стічної води від різних типів хімічних забруднень за рахунок впровадження двостадійної технології на пересувній установці.

Об'єктом дослідження є процес очищення стічних вод хімічних підприємств, які містять гексаметилендіамін.

Предметом дослідження є показники процесу очищення стічних вод, що характеризуються технологічною і екологічною ефективністю впровадженої технології.

Задачі дослідження:

- провести аналіз існуючих публікацій щодо методів та засобів мікробіологічного очищення стічних вод хімічних підприємств;
- провести аналіз технологічного процесу та техніко-економічних показників роботи установки мікробіологічного очищення стічних вод;
- дослідити залежність життєдіяльності бактерій *Bacillus subtilis* від температури стічних вод і концентрації гексаметилендіаміна в стічних водах;

- розробити технологічну схему двостадійної роботи установки зі змінними фільтрами; економічно обґрунтувати ефективність запропонованого методу.

Методи дослідження: системний аналіз науково-технічної літератури; метод математичного моделювання та прогнозування; метод математичної статистики для апроксимації даних та встановлення залежностей; методи сучасних комп'ютерних технологій обробки інформації, зокрема, пакет прикладних програм MS Excel; графіко-аналітичний аналіз.

Наукова цінність полягає в встановленні залежності життєдіяльності та ефективності роботи мікроорганізмів в залежності від температури стоків та концентрації забруднювачів.

Практична значимість полягає в розробленій технологічній схемі двостадійної роботи установки зі змінними фільтрами на пересувній установці.

Проведений аналіз технологічного процесу та техніко-економічних показників роботи установки; проаналізовано ефективність роботи установки; запропоновано технологічну схему роботи установки зі змінними фільтрами; економічно обґрунтувати ефективність запропонованого методу; встановлено залежність життєдіяльності мікроорганізмів від температури стоків та концентрації забруднювачів.

Отримані результати дослідження необхідно враховувати при виборі методу очистки стічних вод підприємств хімічних підприємств які містять гексаметилендіамін та інші забруднювачі.

Ключові слова: СТІЧНІ ВОДИ, БІОРЕАКТОР, ГЕКСАМЕТИЛЕНДІАМІН, ФІЛЬТРАТОРИ, МІКРООРГАНІЗМИ; ХІМІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО; МІКРОБІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ.

ABSTRACT

The master thesis consists of an introduction, 4 chapters, and conclusion. It contains 91 pages, 28 drawings, 18 tables and 35 equations.

The urgency of the work is to develop and implement an alternative and effective method for the treatment of wastewater from chemical enterprises from specific pollutants.

The aim of the research is a improvement the installation of microbiological treatment of waste water from various types of chemical contamination through the use of variable filters..

The object of the research is the process of wastewater treatment of chemical enterprises that contain hexamethylene diamine.

The subject of the research is the indicators of the process of sewage treatment, characterized by technological and environmental efficiency of the technology introduced.

Objectives of the research: provide general information about the installation of microbiological purification; to carry out the analysis of the technological process and technical and economic indicators of the installation; analyze the efficiency of the installation; to offer a technological scheme of operation of the installation with variable filters; economically justify the effectiveness of the proposed method.

The methods of research: systematic analysis of scientific and technical literature; method of mathematical modeling and forecasting; the method of mathematical statistics for data approximation and dependency determination; methods of modern computer technology of information processing, in particular, a package of applications of MS Excel; graphical-analytical analysis.

The scientific value is to determine the dependence of the activity and the efficiency of microorganisms, depending on the temperature of the effluents and the concentration of pollutants.

The practical significance is to analyze the feasibility and practicality of using a microbiological wastewater treatment plant for chemical enterprises.

The carried-out analysis of the technological process and technical and economic indicators of the installation; the efficiency of the installation is analyzed; the technological scheme of the installation with variable filters is proposed; economically substantiate the effectiveness of the proposed method; the dependence of microorganisms on the temperature of waste water and concentration of pollutants.

The received results of the research should be taken into account when choosing the method of wastewater treatment of chemical enterprises that contain hexamethylenediamine and other pollutants.

Keywords: SEWAGE, BIOREACTOR, HEXAMETHYLENEDIAMINE, FILTRATION, MICROORGANISMS; CHEMICAL PRODUCTION; MICROBIOLOGICAL PURIFICATION.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП	11
1 АНАЛІЗ НАУКОВИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ХІМІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЯКІ МІСТЯТЬ ГЕКСАМЕТИЛЕНДІАМІН.....	13
1.1 Характеристика стічних вод які містять гексаметилендіамін.....	13
1.2 Аналіз літературних джерел по очищенню стічних вод хімічних підприємств від гексаметилендіаміну.....	16
Висновки до розділу 1	21
2 СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВІД ГЕКСАМЕТИЛЕНДІАМІНУ	22
2.1 Високотемпературне спалювання рідких відходів, які містять ГМД	22
2.2 Очищення за допомогою аеробно-анаеробного біореактора.....	27
Висновки до розділу 2	33
3 ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВІД ГЕКСАМЕТИЛЕНДІАМІНУ	34
3.1 Характеристика мікроорганізмів які використовуються для очищення....	34
3.2 Розрахунок залежності життєдіяльності мікроорганізмів та ефективності очищення від температури та концентрації забруднювачів в стічній воді.....	38
3.3 Зневоднення та знезараження осаду який утворюється після очищення ..	49
Висновки до розділу 3	60
4 СТАРТАП «МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ХІМІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ».....	62

4.1 Удосконалення роботи установки за рахунок встановлення змінних фільтрів.....	62
4.3 SWOT – аналіз установки мікробіологічного очищення стічної води хімічних підприємств	70
4.4 Еколого-економічна оцінка ефективності роботи установки після модернізації	72
Висновки до розділу 4	82
ВИСНОВКИ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

БСК – біологічне споживання кисню

ГДК – гранично допустима концентрація

ГДС – гранично допустимий скид

ГМД - гексаметилендіамін

ДПУ – дослідно-промислова установка вогневого знешкодження рідких токсичних відходів

ПАТ - публічне акціонерне товариство

СЗЗ - санітарно-захисна зона

Сіль АГ - гексаметилендіамінадіпінат

Т цех – ткацький цех

ХП цех – хіміко-прядильний цех

ХСК – хімічне споживання кисню

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В останні роки загострився інтерес світового екологічного, енергетичного та ділового співтовариства до проблем пов'язаних з водними ресурсами. Однією з найперших проблем є вирішення ряду питань, щодо очищення води та її повторного використання в господарстві.

На даний час розроблено безліч методів для очищення води як від легких забруднювачів, так і від специфічних, таких як хімічні сполуки, які розчиняються у воді. Особливу увагу слід звернути на очищення води, яка використовувалась хімічними підприємствами.

Тому актуальною проблемою є саме очищення стічних вод хімічних підприємств. Застосування мікробіологічної установки забезпечить покращення екологічної ситуації району де скидається вода.

У зв'язку з цим дослідження ефективності роботи установки мікробіологічного очищення стоків хімічних підприємств від гексаметилендіаміну та встановлення залежності життєдіяльності мікроорганізмів від температури стоків та концентрації забруднювачів є актуальною науково-практичною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерська дисертація виконана у Інституті енергозбереження та енергоменеджменті у відповідності з тематичним планом науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України.

Метою дослідження є удосконалення установки мікробіологічного очищення стічної води від різних типів хімічних забруднень за рахунок впровадження двостадійної технології на пересувній установці.

Для досягнення поставленої мети та одержання конкретних результатів дослідження було поставлено такі **завдання**:

- провести аналіз існуючих публікацій щодо методів та засобів мікробіологічного очищення стічних вод хімічних підприємств;

- провести аналіз технологічного процесу та техніко-економічних показників роботи установки мікробіологічного очищення стічних вод;
- дослідити залежність життєдіяльності бактерій *Bacillus subtilis* від температури стічних вод і концентрації гексаметилендіаміна в стічних водах;
- розробити технологічну схему двостадійної роботи установки зі змінними фільтрами.

Об'єктом дослідження є процес очищення стічних вод хімічних підприємств, які містять гексаметилендіамін.

Предметом дослідження є показники процесу очищення стічних вод, що характеризуються технологічною і екологічною ефективністю впровадженої технології.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань у роботі було використано такі методи: системний аналіз науково-технічної літератури – для аналізу праць відомих вчених та дослідженні відкритих питань в межах теми магістерської дисертації; метод математичної статистики для апроксимації даних та встановлення залежностей – для оцінки залежності життєдіяльності мікроорганізмів від температури стоків та концентрації забруднювачів.

Наукова новизна отриманих результатів: отримані математичні залежності життєдіяльності мікроорганізмів від температури, рН, та концентрації забруднювачів, які дає змогу робити прогнозну оцінку ефективності очищення стічних вод.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості ефективного застосування технології мікробіологічного очищення стічних вод на хімічних підприємствах.

1 АНАЛІЗ НАУКОВИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ХІМІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЯКІ МІСТЯТЬ ГЕКСАМЕТИЛЕНДІАМІН

1.1 Характеристика стічних вод які містять гексаметилендіамін

На сьогоднішній день є актуальним питання очищення стічної води хімічних підприємств які у виробничому циклі містять гексаметилендіамін. Хімічні підприємства, які використовують сіль АГ як джерело для отримання синтетичних волокон, мають справу з відходами, які потрапляють у стічні води, а саме – з гексаметилендіаміном (ГМД). ГМД являє собою безбарвні гігроскопічні кристали (рис.1.1) з характерним аміачним запахом, легко розчинні у воді, спиртах, бензолі, вуглеводнях, рідкому аміаку та інших органічних розчинниках [1].



Рисунок 1.1 – Гексаметилендіамін в кристалічному стані

ГМД і його розчини поглинають з повітря вуглекислий газ. З органічними і неорганічними кислотами ГМД утворює солі. ГМД використовується для отримання цінних полімерних продуктів - поліамідів, нейлонів. При його взаємодії з фосгеном утворюється гексаметилендіізоціанат, який широко застосовується для виробництва поліуретанового каучуку, синтетичних лаків,

клеїв, синтетичних волокон. ГМД є реагентом у виробництві інгібіторів корозії і затверджувальних агентів для епоксидних смол [2]. Застосовується при виробництві бензинових добавок, хімікатів для обробки води, біоцидів. ГМД помірно токсичний, має подразливу дію, викликає опіки та дерматити шкіри, слизових оболонок дихальних шляхів. При потраплянні в очі викликає серйозні пошкодження. Пери ГМД при тривалій дії на організм людини викликають розлад центральної і вегетативної нервової системи та ін. Проникає в організм через органи дихання і незахищену шкіру. Максимальна концентрація ГДК - 1 мг/м³, разова концентрація і середньодобова ГДК в повітрі населених місць 0,001 мг/м³, ГДК у водоймах – 0,01 мг/л. Щільність ГМД становить 0,84 г/см³. Температура плавлення: 42° С, температура кипіння: 205° С. Хімічна формула: C₆H₁₆N₂. Стійкий на повітрі, але горючий. Температура спалаху 85° С, температура самозаймання 305° С [1].

На території України найбільш гостро постало питання по очищенню ставка-накопичувача стічної води на території ПАТ «Чернігівське Хімволокно». Штучний ставок містить 1600 м³ промислових стічних вод виробництва полімеру «анід», що містять ГМД . Ставок поповнюється цими токсичними відходами у кількості 120 т щорічно. На рис. 1.2 зображено ставок-накопичувач з ГМД [3].



Рисунок 1.2 – Ставок-накопичувач з гексаметилендіаміном

Концентрація ГМД у стічних водах виробництва хімволокна сягає значень 2540 мг/дм^3 [3]. Ці промислові стічні води дістали назву «мертва вода». До 70-х років минулого сторіччя питання щодо очищення ставка-накопичувача взагалі не розглядалось, а стічні води очищувалися методом «високотемпературного спалювання рідких відходів». Вперше до цього питання звернулися в Інституті колоїдної хімії та хімії води імені А. В. Думанського Академії наук України. Під час вивчення характеристик бактерій, було виявлено, що спорові бактерії *Bacillus subtilis* використовують ГМД як джерело вуглецю, азоту та енергію для росту і розвитку [4].

У 2010 році вчені Гвоздяк П. І., Кузьмінський Є. В., Саблій Л. А., Жукова В. С розробили та затвердили Патент України на винахід №94856 Спосіб біологічного очищення стічних вод, в якому обгрунтовано використання саме біологічного очищення стічних вод забруднених гексаметилендіаміном та інших нітрогеновмісних сполук [5]. Вода накопичується у ставку протягом 40 років, відбувається руйнування берегів та потрапляння токсичної води у ґрунт та р. Білоус, тому очищення даного ставка-накопичувача є нагальною потребою.

На ПАТ «Чернігівське Хімволокно» не застосовують ефективних способів спеціального очищення стічних вод від гексаметилендіаміну, що є причиною негативного впливу підприємства на навколишнє середовище. Для вирішення цієї актуальної проблеми в роботі проведено аналіз найбільш ефективних способів очищення стічних вод, які можуть бути рекомендовані та впроваджені на підприємстві ПАТ «Чернігівське Хімволокно». Наведені методи впроваджені на підприємствах України з такою ж проблемою – очищення стічних вод від ГМД.

Розглянуто 3 найбільш ефективних способи, які використовуються в Україні та в світі: високотемпературне спалювання рідких відходів, що містять ГМД, у циклонних топках; застосування аеробно-анаеробних біореакторів і найбільш ефективний метод – застосування мікробіологічного очищення (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Аналіз сучасних методів очищення стічних вод, які містять гексаметилендіамін

Показник	Методи очищення		
	Високотемпературне спалювання	Мікробіологічний метод	Очищення в анаеробному біореакторі
Принцип роботи	Спалювання рідких відходів в циклонних топках	Проходження стічної води через ряд фільтрів	Відстоювання води в біореакторах
Ефективність знезараження, %	91	99,93	97
Автоматизація	Часткова	Повна	Часткова
Капітальні вкладення	Низькі	Середні	Високі
Виробничі затрати	Низькі	Низькі	Високі
Плата за обслуговування	Середня	Середня	Висока
Період обслуговування	Постійно	Періодично	Рідко
Утворення побічних продуктів	Оксиди азоту і вуглецю	Не утворюються	Не утворюються

1.2 Аналіз літературних джерел по очищенню стічних вод хімічних підприємств від гексаметилендіаміну

Розглянуті основні джерела та шляхи забруднення водних басейнів сполуками фосфору, негативні наслідки антропогенного впливу цих речовин на якість води поверхневих водойм, методи вилучення фосфоровмісних домішок із води [6]. Передбачається, що біотехнологія вилучення з'єднань фосфору із води є найбільш раціональною за економічними та екологічними критеріями і

потребує більш інтенсивної наукової розробки. Актуальність розробки і реалізації нових технічних рішень по очищенню стічних вод і зневоднюванню осідання обумовлене декількома причинами, серед яких найбільш значимими є наступні [7]: – вкрай обмежене фінансування будівництва нових очисних споруджень і для підтримки технічного рівня існуючих об'єктів каналізації; – зміна вимог до якості очищення, особливо в частині зменшення концентрації з'єднань біогенних елементів в очищених стічних водах; – продиктована зростаючими цінами на енергоносії необхідність зниження енерговитрат на очищення стічних вод; – високі (у порівнянні з показниками розвинутих країн) трудовитрати на експлуатацію споруджень по очищенню стічних вод; – відставання в області зневоднювання й утилізації осадів стічних вод;

Встановлено, що перспективною схемою для біологічного очищення стічних вод від біогенних елементів є "східчаста аерація" [7]. При реалізації цієї схеми стічна рідина подається в два чи більш реактори, кожен з яких має зону перемішування і зону аерації. Поворотний мул і частина стічної рідини подаються в зону перемішування першого реактора. Далі суміш мулу і стічної рідини надходить у зону аерації першого реактора. У зону перемішування другого реактора подається мулова суміш із зони аерації першого реактора і друга частина стічної рідини. З цієї зони мулова суміш подається в зону аерації другого реактора. У залежності від сталого режиму зони перемішування можуть бути без кисневими (відсутність розчиненого кисню) чи анаеробними (відсутність розчиненого кисню й інших його джерел). Від ефективності підтримки режиму перемішування залежить ефективність видалення азоту і фосфору. Ця система є особливо привабливою при реконструкції існуючих коридорних аеротенків, що встановлені на більшості станцій. Реконструкцію можна робити поступово, по одному аеротенку, без відключення всіх споруджень.

Вирішення проблеми накопичення ГМД у воді ставків-накопичувачів хімічних підприємств почалось з робіт співробітників відділу сорбції та біології очищення води ІКХХВ ім. А. В. Думанського. В ході дослідів над бактеріями

було проведено пошук мікроорганізмів – деструкторів ГМД, який проводили як і серед аборигенних мікроорганізмів, відібраних у ставку-накопичувачі, так і в активованих мулах Чернігівської станції аерації та Бортницької станції біологічного очищення води (Київ), а також серед бацил вітчизняних пробіотичних лікарських препаратів «Біоспорин» (Дніпропетровськ) та «Біоспорин-Біофарма» (Київ). Також пошук мікроорганізмів, спроможних очищати реальні ГМД-вмісні стічні води ставка-накопичувача, здійснювали серед чистих культур бактерій – деструкторів ГМД, на які ІКХХВ АН України одержав Авторські свідоцтва СРСР [8].

Ефективним методом для очищення стічних вод хімічних підприємств є використання біологічного методу. Особливостям біологічного очищення стоків приділяється значна увага у джерелах наукової літератури [9-12].

У 2014 році була проведена розробка новітньої біотехнології знешкодження забруднених ГМД стоків, яка включала в себе наступні роботи:

- огляд та обстеження ставка-накопичувача ГМД;
- здійснення пошуку мікроорганізмів – деструкторів гексаметилендіаміну;
- подвійна селекція найбільш активних мікроорганізмів, адаптація селекціонованих мікроорганізмів до реальних стічних вод, що знаходяться в накопичувачі;
- розробка принципової технологічної схеми знешкодження стічних вод у ставку-накопичувачі.

На основі проведеної експериментальної роботи було відібрано найбільш придатних за деструктивною здатністю мікроорганізмів, спроможних до іммобілізації на носіях ВІЯ, а також запропоновано комплексну біотехнологію оздоровлення водного середовища, що містить ГМД та інші ксенобіотики. Суть запропонованої новітньої біотехнології полягає у залученні до процесу очищення стічних вод якнайширшого кола гідробіонтів, починаючи з бактерій – деструкторів найбільш небезпечних, токсичних синтетичних хімічних речовин (ксенобіотиків) – і закінчуючи високоорганізованими фільтраторами, хижаками, вищими водними рослинами і навіть рибами [10].

У роботі Гвоздяк П. І. Біохімія води як наукове підґрунтя біотехнології води розглядається можливість використання певних видів організмів у перетворенні складних для традиційного аеробного очищення речовин, наприклад, використання бактерій роду *Bacillus* у розкладі синтетичної сполуки капролактаму (сировини для синтетичних волокон), що дозволяє поліпшити очищення стічних вод виробництва [11].

У працях Саблій Л. А. Нові технології біологічного очищення господарсько-побутових і виробничих стічних вод рекомендує при біологічному очищенні стічних вод враховувати вік мулу (сукупності мікроорганізмів) залежно від необхідної обробки, так, при карбонатному окисленні – рекомендований вік мулу становить 2–4 доби, при нітрифікації – 7–12 діб, нітрифікації і денітрифікації – 12–15 діб, при аеробній обробці осаду – 15–30 діб [12].

Бляшина М. В. у своїй дослідній роботі Анаеробне очищення стічних вод на першій стадії біологічної очистки проводить дослідження щодо розширення можливостей існуючого в аеротенках очищення шляхом доповнення етапом анаеробного очищення стічних вод на першій стадії біологічної очистки, що дозволяє збільшити кількість органічних речовин, що розкладаються [13].

У науковій роботі Гвоздяка П. І. Біотехнологічне знешкодження гексаметилендіаміновмісних промислових токсичних відходів у ставку-накопичувачі розроблено конструктивне оформлення процесу біологічного очищення, що включає анаеробні і аеробні стадії, анаеробні споруди обладнуються системами рециркуляції, збору і видалення утворених газів, аеробні споруди обладнані мікрокомпресором та дрібнобульбашковими аераторами [14].

Впровадження технології анаеробно-аеробного очищення стічних вод реалізовано у багатоступеневій системі біореакторів (що утворюють так званий «біоконвеєр»), що виявилось ефективним для суміші міських стічних вод та стічних вод молокозаводів, шкірзаводів, солодового заводу, при цьому використовувались за допомогою носіїв ВІЯ мікроорганізми з діючих

аеротенків. Виявлено, що на аеробній стадії спостерігали, в основному, інфузорії та представники саркодових Arcella, у наступному реакторі виявлені коловертки, малощетинкові черви та інфузорії [15].

В науковій та патентній літературі [16] авторами виявлено, що при додаванні до поживного середовища замість чистої води відходів основного або допоміжного виробництва ПАТ «Чернігівське хімволокно» кількість, наприклад, азотфіксуючих бактерій *Agrobacterium radiobacter*, *Enterobacter aerogenes* суттєво зменшувалась, розчин капролактаму з концентрацією 35 мг/дм³ призводить до загибелі 63 % першого виду і 100 % другого виду бактерій.

В зв'язку з тим, що на носії ВІА міститься активний мул в якому розвиваються аеробні мікроорганізми, важливим питанням для подальшого розвитку технології мікробіологічного очищення має визначення здатності цих організмів пристосовуватись до умов забруднення стічних вод не тільки гексаметилендіаміном, а й іншими забруднювачами.

Основною задачею керування процесом біологічної очистки є вилучення та стабілізація концентрації забруднень на допустимому рівні у відпрацьованих рідинах. Проте немає засобів прямого неперервного вимірювання даного показника, а результати отримують лише дослідним шляхом. Тому для аналізу ефективності очищення рідин використовують вимірювання ряду технологічних параметрів, на основі яких можна приймати рішення про величину концентрації органічних домішок у стічних водах та виробляти відповідні керуючі впливи. Для покращення якості очищення стічних вод та зменшення затрат на очищення застосовують системи автоматизованого керування установками [17]. Сучасні програмні засоби автоматизації дозволяють реалізувати енергозберігаючі технології, які за рахунок програмного керування реалізують економічні режими роботи очисних установок в періоди різної інтенсивності та концентрації надходження стоків на очищення. Для автоматизації очисних систем розробляють алгоритми, які підтримують оптимальні співвідношення між продуктивністю всієї установки

та кількістю підведеного повітря виробленого компресорними установками, стабілізацією та відведенням надлишкового активного мулу і твердого осаду в який випадають бактерії після завершення своєї активної фази. Для автоматизації біологічних реакторів запропоновано ряд технологічних і проектних [18] рішень на основі загальних математичних моделей [19], недоліками яких є те, що вони описують лише процеси активної фази очищення. При цьому нехтуючи вагомим чинником, який впливає на якість очищення стічних вод – впливом споживання кисню на процеси життєдіяльності аеробних бактерій. Відповідно мета даної роботи є побудова математичної моделі процесу біологічного очищення стічних вод, що враховує зміну концентрацій забруднення, активного мулу і кисню при розмноженні та відмиранні бактерій в біологічних реакторах різного типу і на основі отриманих результатів розробити автоматизовану систему управління допустимою концентрацією забруднення у стічних водах.

Висновки до розділу 1

1. З проведених досліджень слідує, що процес очищення стічних вод на кожному етапі залежить від біоценозу мікроорганізмів, які пристосовані до існуючих умов. Поява нових токсичних речовин, так званих «залпові скиди», можуть привести до знищення активного мулу аеротенку.

2. З літературних джерел встановлено, що здатність окремих видів гідробіонтів аеротенку пристосовуватись до виживання в умовах забруднення гексаметилендіаміном вивчена недостатньо і залишається невирішеним актуальне завдання щодо використання аеробних гідробіонтів в процесі очищення стоків і від гексаметилендіаміну і від інших азотвмісних забруднювачів.

2 СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВІД ГЕКСАМЕТИЛЕНДІАМІНУ

2.1 Високотемпературне спалювання рідких відходів, які містять ГМД

Основним методом, який використовується для очищення стічної води від ГМД, є високотемпературне спалювання рідких відходів. Цей метод є відносно дешевим і малоефективним, але до 2000-х років це був єдин доступний метод.

Для знешкодження стічної води можливе застосування спеціальної установки - станції спалювання води. Рідкі відходи спалюються в циклонних печах при температурі 1000°C , при цьому утворюються оксиди азоту і вуглецю.

Досить ефективною є дослідно-промислова установка вогневого знешкодження рідких токсичних відходів (ДПУ) з системою газоочищення. Установка здатна переробляти 5,1 тис. м^3 відходів на рік, у вигляді масляної емульсії, водного розчину капролактаму та його олігомерів [17]. У якості основного палива приймають природний газ, а резервного – мазут. Метод виробництва – спалювання води з вмістом ГМД. Параметри установки для спалювання стічних вод з ГМД: наведено в табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри установки високотемпературного спалювання рідких токсичних відходів

Параметр	Кількісне значення
Оптимальна кількість стоків, що надходять	2,5 м^3 /год
Кількість ГМД у стоці	0,2 %.
Внутрішній діаметр циклона	1200 мм
Висота циліндричної частини	1800 мм
Діаметр виходу	650 мм

Зона горіння палива знаходиться у верхній частині циклона (висота - 500 мм, діаметр 700 мм). В цю зону (крізь 4 пальники) надходить суміш природного газу та повітря. Пальники розташовані тангенціально, мають водяне охолодження сопла.

Газ змішується з повітрям до виходу з сопла. Змішування проводиться подачею газу у кільцеву камеру, звідки він крізь отвори надходить у потік повітря. Подача ГМД здійснюється через форсунки. Для наглядання за процесом горіння газу та спалювання ГМД циклон має 8 контрольних отворів [18]. Хімічний склад продуктів спалювання наведений у табл. 2.2. Охолодження циклона проводиться за допомогою річкової освітленої води.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад продуктів спалювання

Продукт згорання	Вміст, %
Вуглекислий газ	9,8 - 10,8
Кисень	2,8 - 3,8
Оксид вуглецю	відсутній
Азот	86,0 - 86,6

Основним показником є температура газів за циклоном, оскільки саме цей фактор забезпечує вигорання органічної частини води. Температура цехових газів на вході циклону повинна підтримуватися у межах 820 - 870 °С [19].

Загальні витрати природного газу на спалювання на 1 м³/год ГМД складають в середньому 150 - 200 м³/год.

Температура на виході із топки становить 810 – 825 °С, яка підтримується горінням газу, що призводить до випаровування води і вигорання органічних домішок.

Технологічна схема циклонної топки для спалювання рідких відходів, які містять гексаметилендіамін продемонстрована на рис.2.1.

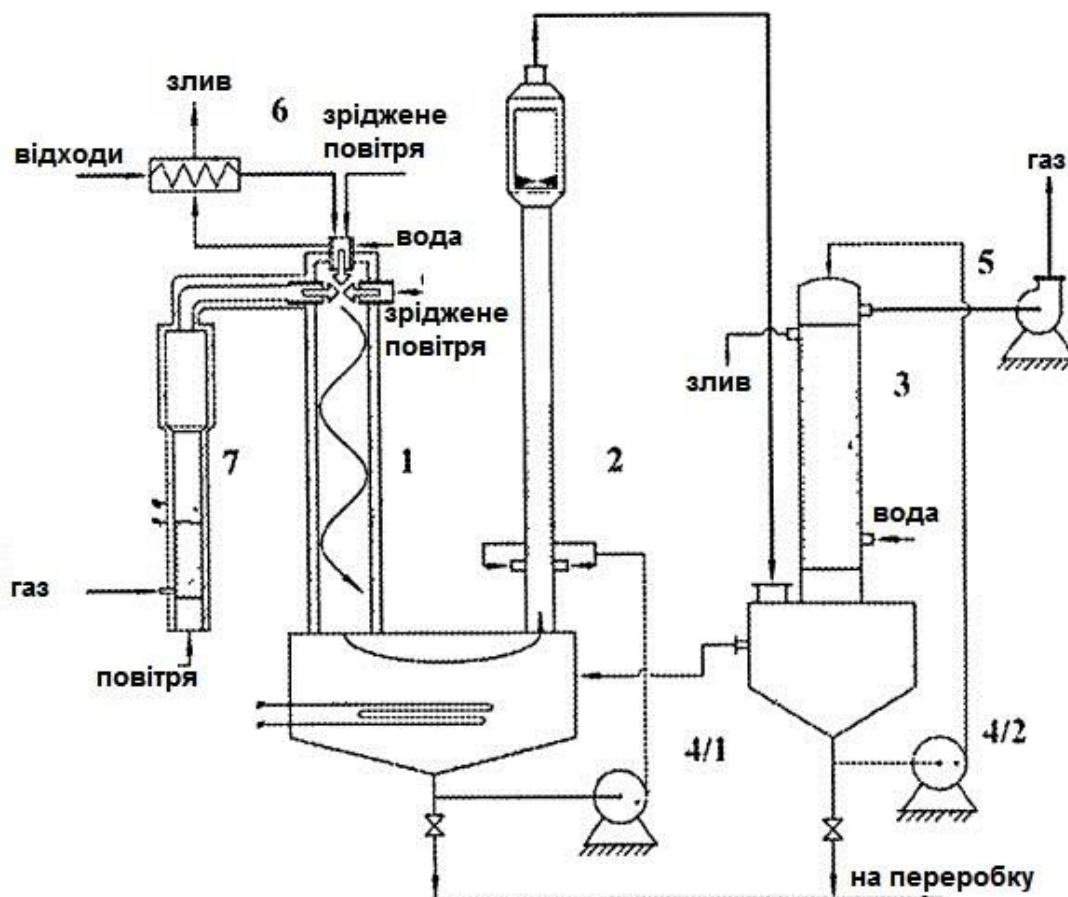


Рисунок 2.1 – Технологічна схема циклонної топки для спалювання рідких відходів, які містять гексаметилендіамін

Технологічний процес починається з того, що вода забруднена ГМД, надходить з баку, який знаходиться у підвалі розчинення солі АГ хіміко-прядильного цеху "Анід" за допомогою насосів, по колектору надходить у ставки накопичувачі, а звідти насосами № 6 і № 7 транспортується в ємності стічних вод з ГМД №1 і №2. Потім вода насосами №1, №2, №3, №4 подається на форсунки у циклонні печі №1, №2, №3. На рис 3.3 зображено технологічну схему циклонної топки для спалювання рідких відходів, які містять ГМД. Далі водяні пари і продукти горіння надходять у газоходи, охолоджуються холодним повітрям вентильаторів присадки №1, №2, №3 та через димові труби викидаються в атмосферу.

При спалюванні стоків, які містять ГМД крізь димову трубу в атмосферу виділяються хімічні речовини, в різних кількостях, що наведено в табл. 2.3 [20].

Таблиця 2.3 – Відсотковий склад продуктів згорання після процесу спалювання

Хімічна речовина	Відсотковий склад в повітрі
Оксид карбону	0,01 – 0,3%
Діоксид карбону	9,1 – 11,5%;
Кисень	2,0 – 4,0%;
Діоксид азоту	0,01 – 0,05%

Розраховуємо точну кількість викидів, після завершення процесу спалювання рідких токсичних відходів [16-19]

Викид NO_x в перерахунку на двоокис азоту:

$$П = 0.001B \times Q^r \times K \times (1 - \beta), \text{ т/рік (г/сек)}, \quad (2.1)$$

де B – витрата палива, (т/рік, тис. м^3 /рік, г/сек, л/сек);

Q – теплота згоряння натурального палива, (МДж/кг, МДж/ м^3);

K – параметр, що характеризує кількість оксидів азоту, що утворюються на 1 ГДж тепла, (кг/ГДж);

P – коефіцієнт, що залежить від ступеня зниження викидів оксидів азоту внаслідок застосування технічних рішень.

Розрахунок викидів оксиду вуглецю за одиницю часу (т/рік, г/сек), виконується за формулою:

$$П_{co} = 0.001 - C_{co} \times B \times (1 - q^4/100), \text{ т/рік (г/сек)}, \quad (2.2)$$

де B – витрата палива (т/рік, тис. м^3 /рік, г/сек, л/сек);

C – вихід оксиду вуглецю при спаленні палива (кг/т, кг/тис. м^3 палива) визначається за формулою [15]:

$$C_{co} = q_3 \times R \times Q_i^r, \quad (2.3)$$

де q_3 – витрата теплоти відповідно від хімічної і механічної неповноти згоряння палива (%);

R – коефіцієнт, що враховує частку втрати теплоти внаслідок хімічної неповноти згорання палива, зумовленої наявністю оксиду вуглецю в продуктах згорання. Для твердого палива $R=1$, для газу $R=0,5$, для мазуту $R=0,65$;

Q_i^r – нижча теплота згоряння натурального палива.

Розрахунок витрат палива для спалювання стічних вод показано в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Витрати палива для роботи установки

Річна витрата палива установки	1 500,0 тис. м ³
Теплотворність палива	8435 ккал/м ³ (35,26 МДж/м ³)
Витрата палива за годину	300 м ³
Секундна витрата палива	83,3 л/сек

Використовуючи значення приведені в табл. 2.4 на вищенаведені формули розраховуємо:

1) Викид NO_x :

$$P_{сек} = 0.001 \times 83.3 \times 35.26 \times 0.009 \times (1 - 0) = 0.264 \text{ г/сек}$$

$$P_{рік} = 0.001 \times 1500 \times 35.26 \times 0.09 \times (1 - 0) = 4.76 \text{ т/рік}$$

2) Оксид вуглецю

$$P_{сек} = 0.001 \times 8.81 \times 83.3 \times \left(1 - \frac{0.5}{100}\right) = 0.73 \text{ г/сек},$$

$$P_{рік} = 0.001 \times 8.81 \times 1500 \times 0.09 \times \left(1 - \frac{0.5}{100}\right) = 13.15 \text{ т/рік}.$$

З режимних карт циклонних печей маємо максимальну концентрацію забруднюючих речовин [20]:

- 1) NO_x в перерахунку на двоокис азоту: $C_{\text{NO}_x} = 62,6 \text{ мг/м}^3$;
- 2) Оксид вуглецю: $C_{\text{co}} = 47,3 \text{ мг/м}^3$.
- 3) Об'єм повітря, для спалювання 1 м^3 газу становить $9,995 \text{ м}^3$;
- 4) Об'єм димових газів на виході з труби – $2,024 \text{ м}^3 / \text{сек}$.

Максимальні разові викиди забруднюючих речовин згідно режимних карт:

- 1) NO_x вперерахунку на двоокис азоту:

$$P_{\text{сек}} = 62.6 \times 2.024 \times 10^{-3} = 0.126 \text{ г/сек};$$

- 2) Оксид вуглецю

$$P_{\text{сек}} = 47.3 \times 2.024 \times 10^{-3} = 0.096 \text{ г/сек}.$$

Після закінчення процесу очищення стічної води, шляхом її високотемпературного спалювання, постає ряд питань та завдань. Щодо очищення повітряного середовища, того чи іншого цеху в якому проходять ці процеси. Тому метод високотемпературного спалювання рідких відходів, що містять ГМД є неефективним та потребує додаткових витрат на очищення атмосферного середовища робочих приміщень.

2.2 Очищення за допомогою аеробно-анаеробного біореактора

Традиційні методи очищення в аеротенках втрачають свою актуальність через великі витрати електроенергії на аерацію і високі капітальні витрати, а також гострі екологічні проблеми, пов'язані з обробкою і видаленням постійно утворюваних великих мас надлишкового активного мулу. Застосування

сучасних біотехнологій аеробної і анаеробної очистки, а також фізико-хімічних процесів у реакторах, дозволяє зменшити значення вищеназваних основних техніко-економічних і екологічних показників в 3-5 разів і практично звести їх до мінімуму. На даний час за кордоном і в нашій країні успішно експлуатуються сотні різних біо- і фізико-хімічних реакторів для очищення стічних вод, які містять ГМД [21].

В основі процесу анаеробної очистки лежить біохімічне перетворення в безкисневих умовах органічних речовин забруднень стічної води в біогаз (суміш 70% метану і 30% вуглекислого газу). Від 1 кг ГПК вилучених забруднень утворюється близько 0,5 кубометрів біогазу, який є високоякісним паливом з калорійністю 5500- 7000 ккал / м³, що дуже важливо для України, яка не має в достатній кількості енергоносіїв [22].

Продуктивність сучасних конструкцій анаеробних біореакторів досягає 115-30 кг ХСК /м³доба, що в 10-15 разів вище продуктивності аеротенків. Це забезпечується підтримкою в анаеробних біореакторах великих доз (20-60 г / л) високоактивного анаеробного мулу, який утворює стійкі щільні флокули (гранули) діаметром 1-5 мм [23].

Сучасні конструкції біореакторів вельми різноманітні. Утримання біомаси в них проводиться за допомогою внутрішніх спеціальних перегородок, або за допомогою іммобілізації на завантажувальних матеріалах-носіях. Є конструкції, що не містять завантажувального матеріалу - так звані UASB - реактори (реактор з висхідним потоком стічної води через шар активного мулу (аеробного або анаеробного). Це найбільш простий і дешевий реактор [24].

Реактори виконуються із залізобетону або металу і не містять нестандартного обладнання, яке вимагає заводського виготовлення. Компактність, повна герметичність і невеликі габарити біо- і фізико-хімічних реакторів дозволяє встановлювати їх не тільки на майданчику очисних споруд, а й на території підприємств і навіть, в ряді випадків, всередині виробничих приміщень [7].

Процес очищення простий в управлінні і може бути повністю автоматизований. Кількість необхідних параметрів, що контролюються мінімально, наприклад, для аеробних біореакторів - це температура, рН та ГДК очищеного стоку. Процес стійкий також до великих навантажень і змін якості стічних вод [21].

Характерною особливістю технології є виключно малий приріст мулу, наприклад, для анаеробного - це не більше 5-10% від маси видалених при очищенні забруднень. У той же час при очищенні стічних вод в аеротенках, тільки кількість циркуляційного (оборотного) мулу становить за обсягом 30-50% від витрат води, що очищається. Кількість надлишкового активного мулу невелика, і при його вологості 99,2-99,6% становить 4 л / добу на одну людину [22]. Крім того, анаеробний мул після біореакторів практично стабільний (він не розкладається при відкритому зберіганні та не поширює неприємні запахи), легко зневоднюється.

Класифікація реакторів, що застосовуються при очищення стічних вод [23]:

- 1) біологічні;
- 2) фізико-хімічні;
- 3) хімічні.

Біологічні реактори в свою чергу класифікуються за такими ознаками:

1. За подачею повітря:
 - а) аеробні;
 - б) анаеробні;
 - в) аеробно-анаеробні.
2. За іммобілізацією мікроорганізмів в апараті:
 - а) з прикріпленими мікроорганізмами на завантаженні;
 - б) з плаваючою мікрофлорою.
3. За конструктивними особливостями:
 - а) з прикріпленою насадкою;
 - б) з насадкою яка обертається;

в) з псевдозрідженим шаром.

4. За конструктивно-технологічними ознаками:

а) біофільтри;

б) біосорбери;

в) біотенки;

г) фільтри-біореактори.

Аеробно-анаеробний біореактор з іммобілізованою мікрофлорою і з вільноплаваючими мікроорганізмами в робочому шарі. Технологічна схема очищення стічних вод за участю аеробно-анаеробних біореакторів наведена на рис.2.2 [24].

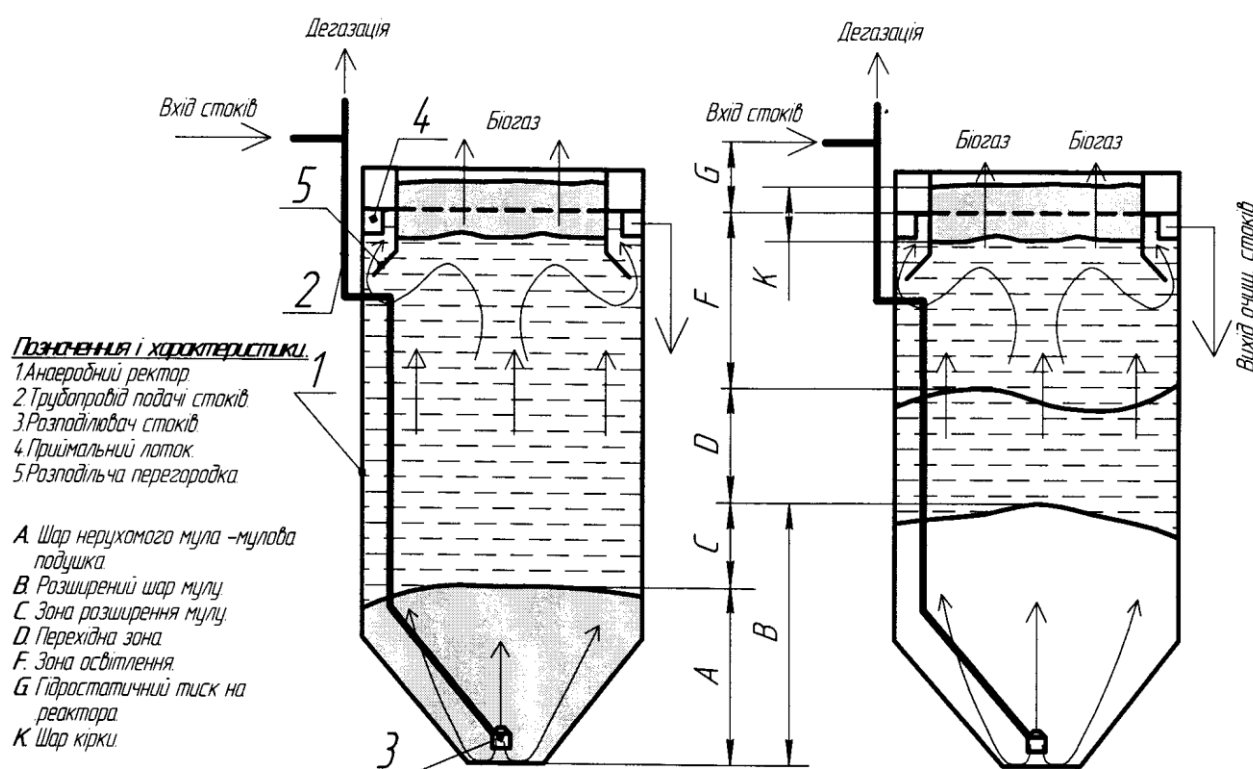


Рисунок 2.2 – Біореактори аеробного та анаеробного методу очищення

Біореактор, розроблений фірмою «Комплект-екологія» застосовується для очищення стічних вод від ГМД.

Біореактори можуть встановлюватися на станціях біологічного очищення з продуктивністю від 120 м³/добу до 55000 м³/добу [25]. Біореактор складається з контейнерів-модулів і являє собою прямокутний металевий резервуар,

розділений всередині перегородками, що утворюють багатоступінчасті аеротенки. Усі сходинки в аеротенках обладнуються пластмасовим завантаженням, яке кріпиться в середній частині біореактора і імобілізує на себе мікрофлору. У нижній частині біореактора активний мул знаходиться в підвішеному стані. Аерація здійснюється придонними аераторами. Процес очищення СВ здійснюється біоценозом мікроорганізмів у відновлювальних умовах[26]. Це створює сприятливі умови для нітрифікації-денітрифікації. Обидва процеси відбуваються одночасно. Приєднаний біоценоз мікроорганізмів останніх камер характеризується формуванням багатого і різноманітного видового складу найпростіших, які є регулятором приросту активного мулу. Надлишковий активний мул має досить високу ступінь мінералізації, тому добре зневоднюється. Він вивозиться в мішках і використовується як органічне добриво. Приріст мулу в 3-4 рази менше, ніж в аеротенках такого класу. Невелика кількість зважених речовин в очищених стічних водах становлять гідробіоти 2-го і 3-го трофічних рівнів [27].

При скиданні стічних вод з такими зваженими речовинами вони не порушують природний баланс водойми, включаючись в трофічні системи (хижі коловертки, малоцетинкові черви, сисні інфузорії - представники 3-го трофічного рівня є відмінним кормом для риб; нематод, коловертки - представники 2-го трофічного рівня; підсилюють бактеріальне очищення в планктоні, перифітоні, тим самим покращуючи санітарний стан водойми). Надлишковий активний мул відводиться в аеробний мінералізатор, де завдяки взаємовідносин мікроорганізмів, маса мулу знижується в 2-3 рази.

Дана технологія дозволяє отримати багатий і різноманітний біоценоз, який на 99% забезпечує біологічну дезінфекцію мулу і стоку [28].

Ефективна технологія, що поєднує аеробні і анаеробні процеси, використовує активний мул, дозволяє забезпечити стабільну кількість очищення води при [29]:

- 1) гідравлічних навантажень від 25 до 100%;
- 2) концентраціях забруднення від 50 до 500 мг/л БПК;

3) зниження температури стоків до +10 С.

При тривалих перервах в подачі СВ або електроенергії, біореактор швидко (протягом декількох діб) входить в оптимальний режим роботи. Ефективність очищення стічних вод показано в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Ефективність очищення стічних вод біореактором

Найменування складових у стічних водах	Продуктивність , м ³ /добу	
	1600	55000
Зважені речовини, мг/л	3	5-7
БПК, мг/л	3	3-6
Нітрати, мг/л	0,4	2-4
Фосфати, мг/л	1-2	4-6
Жири, мг/л	<0,2	12
Гексаметилендіамін, мг/л	<1	<5
ХПК, мгО ₂ /л	<100	<1000

Переваги очищення стічних вод із застосуванням біореакторів:

1. Високий ступінь очищення СВ;
2. Простота і надійність в експлуатації;
3. Компактність (займає площу 34-95.2 м²);
4. Можливість до розширення;
5. Чистий біологічний процес;
6. Відсутність запаху;
7. Висока стійкість до коливань завантажень;
8. Мінімальна кількість надлишкового активного мулу;
9. Низький рівень споживання енергії (3,2-14,1 кВт · год);
10. Не потрібно кваліфікованого обслуговування.

Висновки до розділу 2

1. Розглянуто основні традиційні методи очищення стічної води хімічних підприємств, які в своєму складі містять ГМД. Метод високотемпературного спалювання та очищення стоків в аеробно-анееробному біореакторі.

2. Метод високотемпературного сталювання рідких відходів, що містять ГМД є неефективним та потребує додаткових витрат на очищення атмосферного середовища робочих приміщень.

3. Застосування біоконвеєра дозволяє ефективно очищувати стічну воду, але в процесі очищення утворюється надлишкова біомаса мікроорганізмів не може бути повністю вилучена з вторинного відстійника через дуже малі розміри.

3 ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВІД ГЕКСАМЕТИЛЕНДІАМІНУ

3.1 Характеристика мікроорганізмів які використовуються для очищення

Гексаметилендіамін (1,6-діаміногексан, ГМД) широко використовується промисловістю при виготовленні поліамідних матеріалів, а також як речовина при виробництві епоксидних смол та інших виробництв [30]. Стічні води, забруднені ГМД, які скидаються в природні водойми, викликають загибель гідробіонтів і водної рослинності, погіршують якість води, яка стає непридатною для використання.

Для очищення стічних вод від ГМД була розглянута можливість застосування бактеріальних культур-деструкторів, які використовують ГМД як джерело живлення. Основою мікробіологічного методу є високоефективні новітні спорові бактерії *Bacillus subtilis* (рис.3.1) які використовують ГМД як джерело вуглецю, азоту та енергії [32].

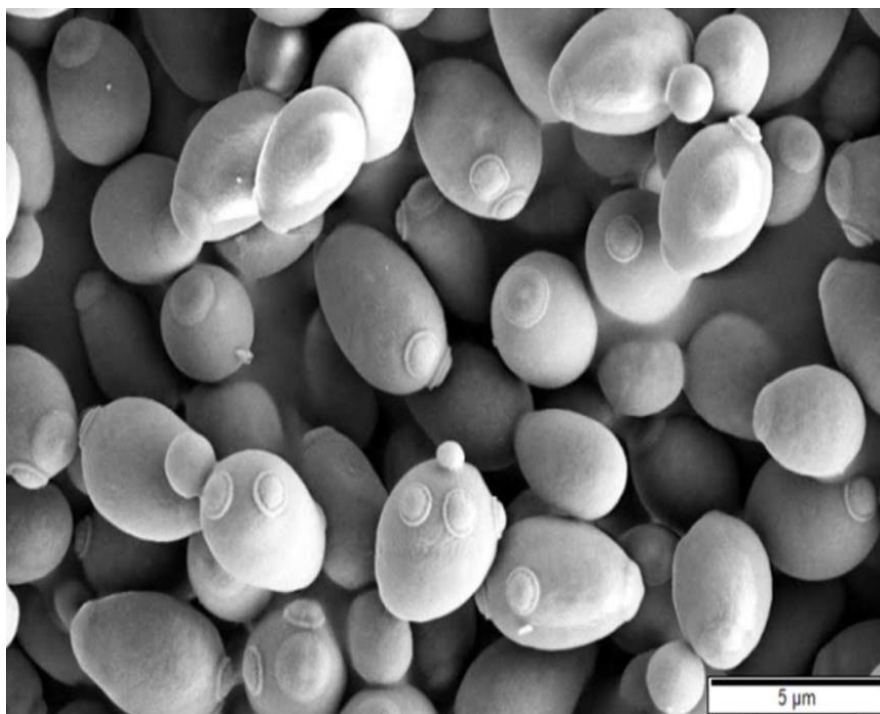


Рисунок 3.1 – бактерії *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis — грам-позитивна аеробна ґрунтова бактерія, як і всі представники роду, утворює ендоспори. Вперше була описана в 1835 році Еренбергом як *Vibrio subtilis*, в 1872 році була перейменована Бактерія розмірами 3-5x0,6 мікрон. Ендоспори овальні, не перевищують розміру клітини, розташовані центрально. Кожна клітина має кілька джгутиків (перитрих), рухома [33].

Колонії сухі, дробнозморшкуваті, бархатисті, безбарвні або рожеві. Край колонії хвилястий. Росте на МПА, МПБ, а також на середовищах, що містять рослинні залишки, на простих синтетичних живильних середовищах для гетеротрофів [34]. Ця бактерія — хемоорганогетеротроф, амоніфікує білки, розщеплює крохмаль, глікоген. Доведено, що штами *Bacillus subtilis* зовсім не шкідливі для людини та тварин.

Спори аеробних бактерій володіють різною термостійкістю, що обумовлено як видовими особливостями, так і умовами їх утворення.

Спори більш стійкі, ніж вегетативні клітини, від яких вони утворилися, до впливу проникаючої радіації, ультразвуку, гідростатичного тиску, заморожування, розрідження і ін. До спиртів і інших органічних розчинників стійкість спор набагато вище, ніж у вегетативних клітин. Спори менш стійкі до дії алкилюючих агентів.

Механізм стійкості спор до дії високої температури, проникаючої радіації та інших фізико-хімічних чинників повністю ще не з'ясований. Термостійкість спор пояснюється наявністю кальцію, дипіколинової кислоти і в деякій мірі діамінопімелінової кислоти. Ці речовини визначають значною мірою і резистентність спор до дії радіації. Утворення спор аеробних бактерій протікає лише в умовах доступу кисню. Інтенсивність спороутворення пригнічується в різному ступені при вирощуванні бактерій в несприятливих умовах - при температурі вище оптимальної або реакції середовища менш придатною для ясного розвитку [35].

Високий вміст в живильному середовищі джерел азотного і вуглецевого живлення, що забезпечують максимальне зростання бактерій, може

пригнічувати індукцію спороутворення. Так, потреба в глюкозі - основному енергетичному джерелі вегетативного росту аеробних бактерій - є несуттєвою для спороутворення деяких видів, а в окремих випадках вона пригнічує процес споруляції.

Інтенсивність процесу утворення спор в значній мірі обумовлена наявністю в середовищі мінеральних солей, що містять іони кальцію, магнію, калію, марганцю, заліза, цинку, міді і деяких рідкісних металів (кобальту, літію, кадмію, нікелю) [36]. Оптимальна концентрація мінеральних солей і металів різна в залежності від виду вирощуваної культури бактерій, умов її зростання. Роль мінеральних солей і окремих іонів металів настільки велика, що в їх відсутності може зашкодити спороутворенню. Зміни концентрацій їх у живильному середовищі можуть надати іноді різко різну дію.

Порівняно слабо вивчено вплив на утворення спор різних вітамінів і інших ростових речовин. Деяке посилення цих процесів відзначено під впливом параамінобензойної і фолієвої кислот [37].

В результаті всебічного вивчення біохімії спороутворення показано, що при протіканні цього процесу не утворюються нові ферментні системи. Аналогічні ферменти, які виявляються в вегетативної клітці і суперечці, мають однакові молекулярну вагу, амінокислотний склад і інші фізико-хімічні властивості. Теплотривкість ферментів суперечка викликана присутністю в них іонів кальцію, марганцю та інших металів [38].

Досліджень свідчать про те, що природа і функція ферментативного апарату, що здійснює синтез білків і материнської вегетативної клітці, однакові. Основною системою транспорту електронів в суперечках є розчинна флавопротеїноксідаза. При спороутворенні виявлена висока активність ряду ферментів, наприклад аргінази, деяких нуклеаз [39]. Основна маса білків синтезується заново в період споруляції. Одночасно відзначається процес розпаду білків, причому багатьма авторами виявлено тісний взаємозв'язок протеолітичної активності з функцією спорообразовання у бактерій. В цілому спороутворення можна охарактеризувати як процес інтенсивного розпаду білків

і всіх основних типів РНК материнської клітини з одночасним утворенням нових білкових компонентів.

Серед факторів, що сприяють процесу проростання спор, велика увага приділяється теплової активації, дія якої більш виражено при наявності в середовищі деяких хімічних сполук. Теплова активація досягається попередніми кип'ятінням суспензії спор при 97-100 ° С протягом 10-15 хв або при 65 ° С протягом 2 год. Іноді цей ефект досягається при звичайній пастеризації [40]. Теплова активація проростання спор носить загальний характер для різних видів спороносних бактерій, хоча вона більш специфічна для аеробів, ніж анаеробних видів. Зазвичай тепловий вплив підсилює і прискорює проростання спор протягом короткого проміжку часу. Встановлено також, що збереження протягом тривалого часу спор при 37 ° С після їх теплової активації веде до деактивації. Теплова обробка цих спор після тривалого зберігання знову веде до реактивації проростання [39].

Дослідження останніх років показали, що інтенсивність проростання спор специфічно підвищується в присутності деяких речовин, в першу чергу L-аланіну, пуринових нуклеозидів і глюкози. Іноді необхідна наявність, крім L-аланіну, ряду інших амінокислот [38]. Аланін є найбільш специфічним активатором процесу проростання спор з усіх відомих сполук, що володіють подібною дією.

Поряд з активаторами виявлений ряд речовин, що пригнічують процес проростання спор бактерій. Проростання спор у аеробних видів пригнічується в присутності деяких мишьяковистих з'єднань, вуглекислого натрію, високих концентрацій ряду амінокислот - гліцину, метіоніну, цистеїну і валін. Характерно гальмівну дію D - аланіну на відміну від L-аланіну.

Активація спорових бактерій *Bacillus subtilis* досягається їх обробкою незначними кількостями L-аланіну, аденозину і деякими іншими речовинами, а також кип'ятінням або пастеризацією суспензій спор.

3.2 Розрахунок залежності життєдіяльності мікроорганізмів та ефективності очищення від температури та концентрації забруднювачів в стічній воді

На ефективність очищення стічних вод за допомогою запропонованої технології мають найбільший вплив температура, активна реакція рН, концентрація ГМД в стічній воді, витрата повітря на аерацію, співвідношення біомаси мікроорганізмів і стічної води.

Проведені дослідження та отримані результати показують, що між кількістю біомаси мікроорганізмів, ступенем очищення і наведеними показниками встановлено взаємозв'язки та кореляційні залежності які з достатньою достовірністю дозволили визначити раціональні параметри очищення стічних вод від ГМД. Залежність біомаси мікроорганізмів від температури, рН, концентрації ГМД наведено на рис. 3.2.

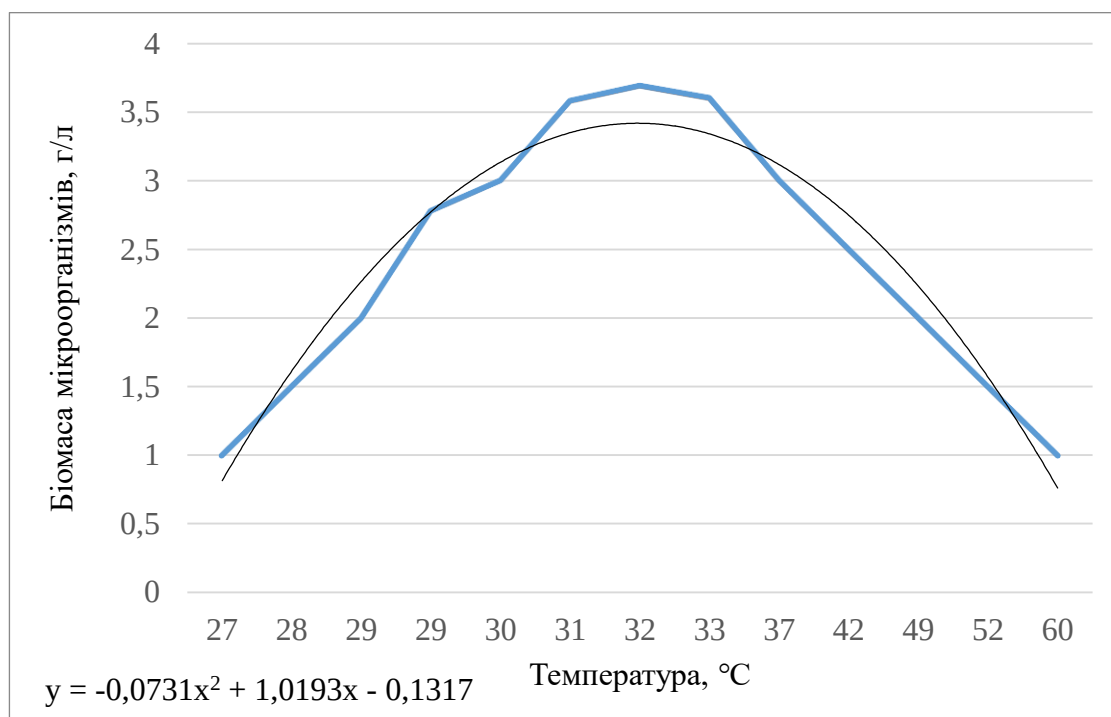


Рисунок 3.2 – Залежність біомаси мікроорганізмів від температури, рН, концентрації ГМД

Високі і низькі температури по-різному впливають на стан мікроорганізмів. Високі температури викликають незворотні колоїдні зміни плазми, що призводить до загибелі мікроорганізмів.

Низькі температури (до -2°C) не призводять до вимирання бактерій, але на деякий час знижують їх активність. Нормальний розвиток мікроорганізмів можливо тільки в певному інтервалі температури. Кількість біомаси мікроорганізмів, яка застосовується для очищення, зростає зі збільшенням температури, досягаючи оптимуму в діапазоні $30 - 33^{\circ}\text{C}$, а потім зменшується, тобто температури $30 - 33^{\circ}\text{C}$ є оптимальними для життєдіяльності бактерій *Bacillus subtilis* [41].

Отже, з аналізу рисунку встановлено залежність життєдіяльності мікроорганізмів від температури стоків

$$y = -0,0731x^2 + 1,0193x - 0,1317. \quad (3.1)$$

Оптимальне значення рН знаходиться в діапазоні 8,5 - 9, концентрації ГДК - 80 - 100 мг/л [42]. Ступінь очищення стічних вод залежить від витрати повітря на аерацію. В процесі аерації вода насичується бульбашками повітря, потім кисень з бульбашок абсорбується водою і переноситься до мікроорганізмів. Швидкість споживання кисню мікроорганізмами збільшується з збільшенням витрати повітря, досягаючи оптимального значення в діапазоні 50 - 100 м³/год. Залежність між співвідношенням біомаси в стічній воді та ступенем його очищення зображено на рис. 3.3 [43]. Найбільш ефективно очищення відбувається при співвідношенні 1: 4 - 1: 5.

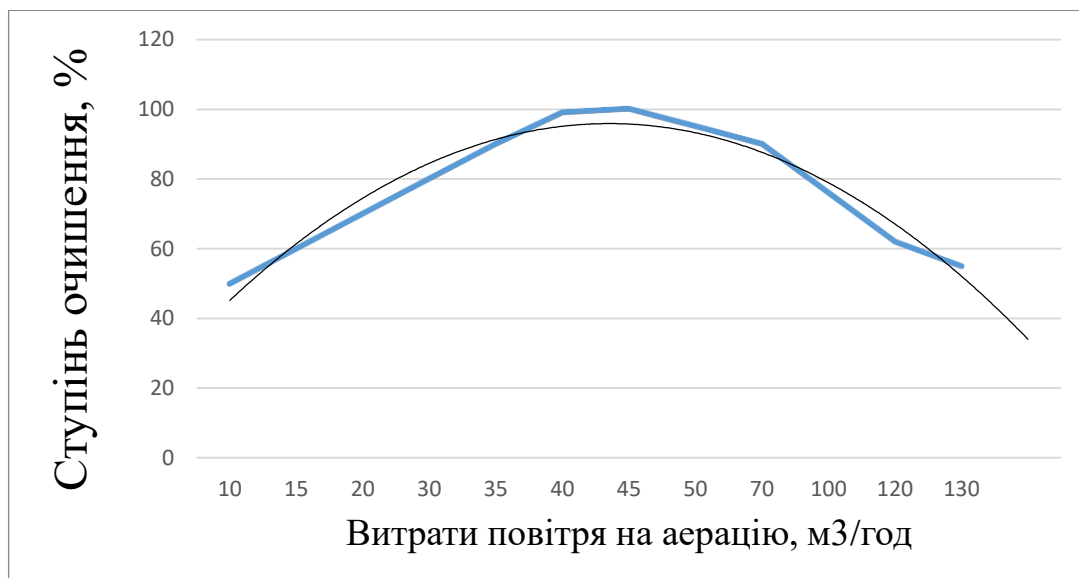


Рисунок 3.3 – Залежність ступеня очищення від використання повітря на аерацію

Важливим питанням, що виникає при застосуванні мікробіологічного методу, як і біологічного, є надлишкова біомаса мікроорганізмів, яка утворюється та вимивається з біореакторів і не може повністю осідати у вторинному відстійнику через дуже малі розміри мікроорганізмів. Це питання може бути вирішене застосуванням біоконвеєра.

Приклад практичного розрахунку для конкретних умов роботи виробництва ПАТ «Чернігівське Хімволонко» в магістерській дисертації наведено для таких умов та вихідних даних :

- 1) кількість води, що накопичилась в ставку – 1600 м³;
- 2) вміст гексаметилендіаміну у воді – 2,54 г/л;
- 3) щороку в ставок скидається 120 м³ води з ГМД.

Визначаємо витрату біологічного матеріалу в частках від розрахункового припливу стічних вод [41]:

$$R_i = \frac{a_i}{\left(\frac{1000}{J_i} - a_i\right)}, \quad (3.2)$$

де a_i – доза біологічного матеріалу в аеротенку, 3 г/л;

J_i – індекс біомаси, 90 см³/г.

Тоді з врахуванням цих значень формула (3.2) набуває вигляду

$$R_i = \frac{a_i}{(\frac{1000}{J_i} - a_i)} = \frac{3}{(\frac{1000}{90} - 3)} = 3,69, \text{ г/м}^3. \quad (3.3)$$

Визначаємо тривалість перебування стічних вод у нейтралізаторі [43]:

$$T = (1 + R_i) * t_a + R_i, \quad (3.4)$$

де t_a - тривалість дії ортофосфатної кислоти в нейтралізаторі, $t_a = 2 \text{ год}$.

Підставивши конкретні значення величин, що входять в (3.4), отримаємо

$$T = (1 + R_i) * t_a + R_i = (1 + 0.369) * 2 + 0.369 = 3 \text{ год } 7 \text{ хв}. \quad (3.5)$$

Визначаємо тривалість проходження води через біореактор враховуючи очищення через анідні фільтри [42]:

$$T_b = \frac{S}{R_i * a_i} + (1 + R_i) * k, \quad (3.6)$$

де k - коефіцієнт очищення анідних фільтрів, який враховує час проходження через них, $k=0,56$;

S - площа біореактора, $S = 25 \text{ м}^3$.

Підставивши знайдені величини, отримаємо

$$T_b = \frac{25}{0,369 \cdot 3 \cdot 24} + (1 + 0,369) \cdot 0,56 = 1 \text{ год } 42 \text{ хв.} \quad (3.7)$$

Загальний час проходження через три біореактори складає:

$$3 \cdot 1 \text{ год } 42 \text{ хв} = 5 \text{ год } 8 \text{ хв} .$$

Час відстоювання води у відстійнику 1 година.

Отже, загальний час очищення води через мікробіологічну установку дорівнює

$$3 \text{ год } 7 \text{ хв} + 5 \text{ год } 8 \text{ хв} + 1 \text{ год} = 9 \text{ год } 15 \text{ хв.}$$

За один такий цикл очищається 8 м^3 води. Отже ставок-накопичувач буде очищено за такий проміжок часу:

$$\frac{1600 \cdot 9 \text{ год } 15 \text{ хв}}{8} = 76 \text{ днів } 2 \text{ год.}$$

Щодня на підприємстві маємо $\frac{120 \text{ м}^3}{365 \text{ днів}} = 0,32 \text{ м}^3$ стічних вод, які містять ГМД. Для того, щоб забезпечити раціональну роботу установки та ефективне очищення води, установка буде вмикатися кожні $8 / 0,32 = 25 \text{ днів}$.

Всі дослідження проводили з реальною стічною водою зі ставка-накопичувача, що містила ГМД у концентрації 1600 мг/л (понад 800 мг/л), поверхнево-активні речовини та низького, не характерного для стічних вод

анідного виробництва $\text{pH} = 6,5$ та доволі високої мутності, на жаль, як виявилося, не біологічного походження. Відбір найбільш сталого, активного і технологічно придатного консорціуму мікроорганізмів, що очищатимуть стічну воду ставка-накопичувача, проводили у проточному двохсекційному лабораторному культиваторі при інтенсивній аерації стиснутим повітрям в присутності волокнистого носія ВІЯ [61], виготовленого із капронового текстурованого джгутового волокна, для іммобілізації на ньому мікроорганізмів–деструкторів. Здійснювали таким чином «подвійну селекцію» мікроорганізмів: за їх деструктивними властивостями та за адгезійною здатністю [62]. Селекцію проводили при кімнатній температурі, з додаванням у реальну стічну воду одно- та двозаміщених ортофосфатів калію, впродовж 70 діб з регулярним спостереженням під мікроскопом та висівом на загальноприйняті поживні середовища (МПА, СА, ПА) та на агаризовану стічну воду. Два рази на тиждень визначали ХСК і раз на тиждень ГМД в кожній секції культиватора.



Рисунок 3.4 – Лабораторна установка для очищення стічних вод, що містять ГМД

Одержаний стабільний мікробний консорціум іммобілізованих на носіях ВІЯ 3–4 культур мікроорганізмів-деструкторів перенесено в 40-літровий відкритий реактор з вмонтованим на його днищі циліндричним резиновим диспергатором повітря, яке подається за допомогою повітродувки продуктивністю 33 дм³/хвилину (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – 40-літровий реактор відкритого типу

В реальну стічну воду зі ставка-накопичувача вносили джерело фосфору і поміщали виготовлений з текстурованого хімічного волокна носій ВІЯ для іммобілізації на ньому консорціуму мікроорганізмів, що розвиваються за рахунок ГМД та інших органічних сполук, які містяться у стічній воді ТОВ «Монофіламент». Після 4-5 діб інкубації носій виймали з води, що очищається, і підвішували на жердині із нержавіючої сталі для підсушування. Окремі ворсини носія поміщали на агаризовані поживні середовища (у тому числі агаризовану стічну воду) і спостерігали за ростом мікроорганізмів, що утворили біоплівку на волокнах (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Біоплівка, що виросла на волокнистому носіїві ВІЯ

Виходячи з вказаного вище, запропоновано комплексну біотехнологію оздоровлення водного середовища, що містить ГМД та інші ксенобіотики. Суть запропонованої новітньої біотехнології полягає у залученні до процесу очищення стічних вод якнайширшого кола гідробіонтів, починаючи з бактерій – деструкторів найбільш небезпечних, токсичних синтетичних хімічних речовин (ксенобіотиків) – і закінчуючи високоорганізованими фільтраторами, хижаками, вищими водними рослинами і навіть рибами. На рис. 3.7 показана принципова технологічна схема очищення ГМД-вмісних стічних вод [63].

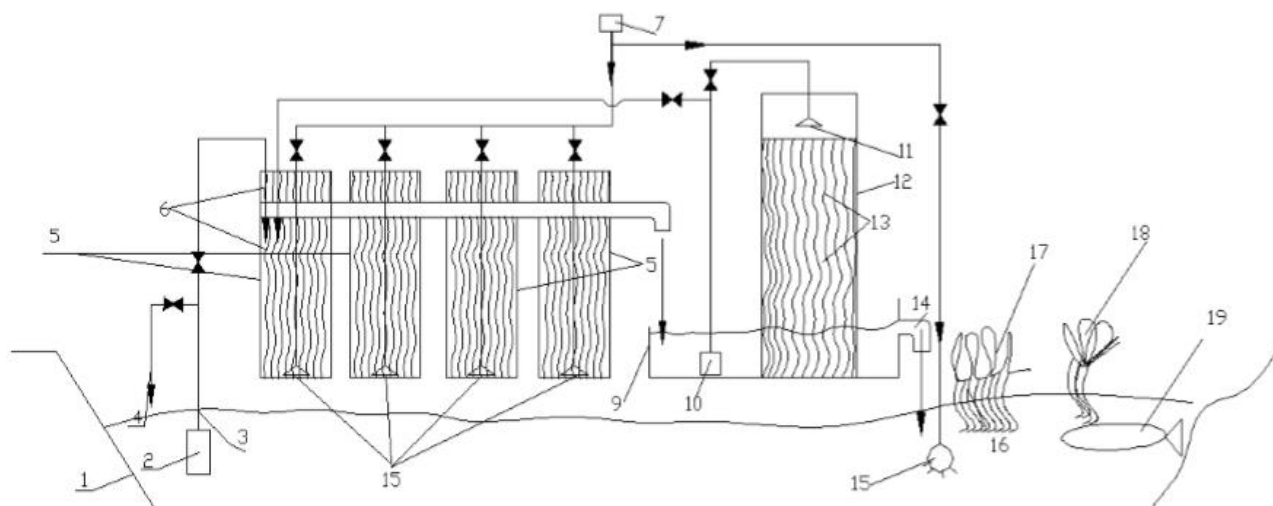


Рисунок 3.7 – Принципова технологічна схема очищення ГМД-вмісних стічних вод

У відповідності з розробленою принциповою технологічною схемою, що діє за принципом біоконвеєра [64], промислові стічні води, що містять гексаметилендіамін (ГМД), із ставканакопичувача 1 зануреним насосом 2 подаються в чотирьохсекційний біореактор 5. Стоки в усіх чотирьох секціях біореактора 5 інтенсивно перемішуються і насичуються киснем повітря, яке подається в біореактор повітродувкою 7 і розпилюється дисковими диспергаторами 15. Для попередження викидів у повітря аерозолів, у верхній частині секцій біореактора розміщується волокнистий носій ВІЯ 6. Після попереднього чотирьохступеневого очищення стічні води по патрубку 8 перетікають у піддон 9, в якому розміщено біофільтр «Вежа» 12 з загрузкою 13 з супертонкого хімічного волокна. Занурений насос 10, розміщений у піддоні 9, в період запуску установки з очищення стічних вод в експлуатацію подає стоки на рециркуляцію в першу секцію біореактора 5. Після достатнього нарощування біомаси мікроорганізмів-деструкторів на носіях ВІЯ 6 насос 10 подає попередньо очищену воду на біофільтр 12 через розбризкувач 11. Загрузку 13 біофільтра 12 попередньо заселяють активованим мулом Чернігівської станції аерації. Вода після інтенсивного індустріального біологічного очищення відводиться по трубі 14 у ставок–накопичувач, який додатково обладнано спеціальними плаваючими плотиками ППГ 16 з розміщеними на них пристроями для відновлення якості води, зокрема за допомогою відомої лікарської рослини лепеха 17, та прискореного вивітрювання води, а також заселено плаваючою водною рослиною гіацинт 18, яка відома як потужний природний засіб очищення води при температурі повітря вище 0°C. Для забезпечення інтенсифікації самоочищення води у ставку–накопичувачі у ньому необхідно розмістити диспергатори повітря 15 будь-якої конструкції (дискові, трубні тощо), через які повітродувка 7 цілодобово подаватиме повітря, що забезпечить потрібний масообмін води з гідробіонтами, які розвиватимуться на носіях ВІЯ плотиків ППГ 16, а також на дуже розвинутій кореневій системі гіацинтів, айру та інших водних рослин.

Результати досліджень очищення стічних вод від ГМД мікробіологічними методом наведено в табл.3.1. На рис. 3.8 зображено вміст ГМД в стічній воді до очищення, і на рис. 3.9 показано зменшення вмісту ГМД після впровадження очисної установки і очищення стічної води.

Таблиця 3.1 – Результати досліджень очищення стічних вод ПАТ «Чернігівське Хімволокно»

№ досліджу	Вміст ГМД у стічній воді, г/л	Вміст ГМД в воді, яка пройшла очищення. г/л	Середній вміст ГМД в стічній воді, г/л	Середній вміст ГМД в воді, яка пройшла очищення, г/л	Середнє значення ступеня очищення, %
1	2,8	0,0024	2,54	0,00124	99,93
2	3,2	0,0021			
3	1,05	0,0017			
4	4,1	0,0013			
5	4,0	0,0011			
6	2,2	0,0011			
7	1,8	0,001			
8	2,1	0,0007			
9	3,0	0,0005			
10	1,1	0,0005			

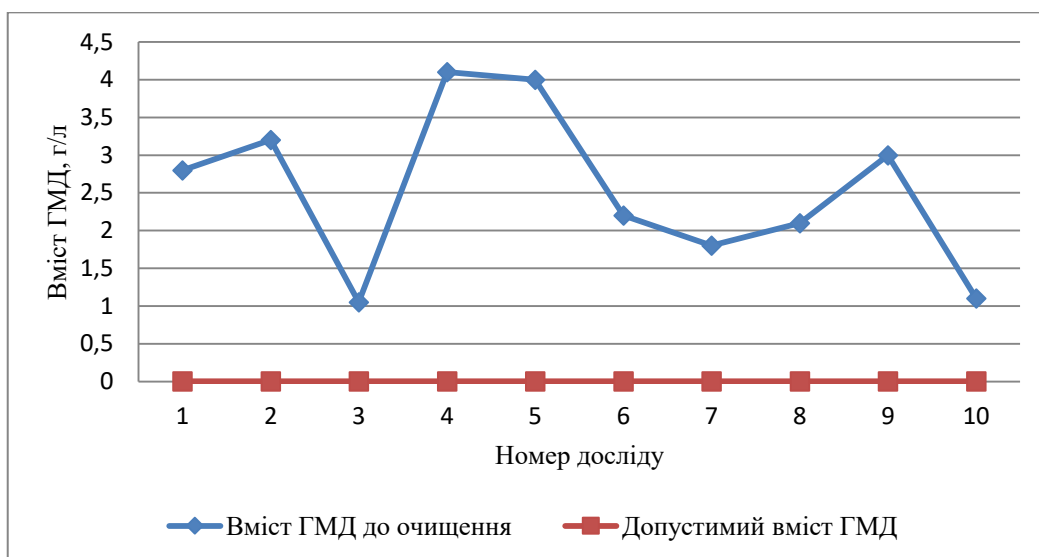


Рисунок 3.8 – Порівняння вмісту гексаметилендіаміну в стічній воді до очищення з допустимим вмістом ГМД

На рис. 3.9 показано зменшення вмісту ГМД після очищення стічної води на запропонованій очисній установці.

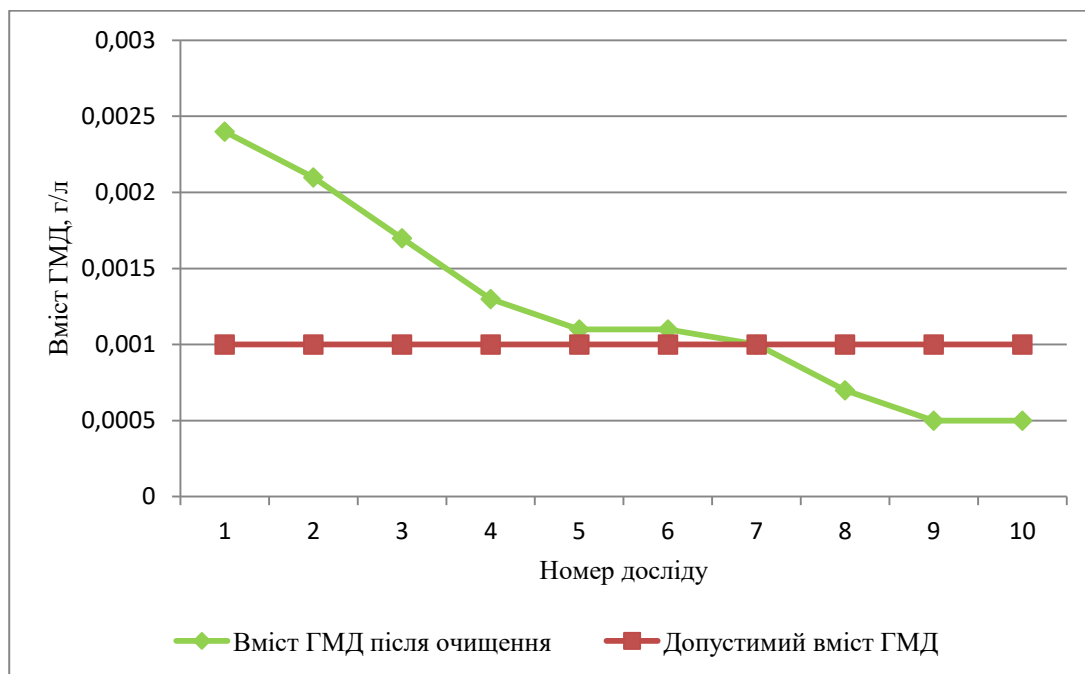


Рисунок 3.9 – Вміст гексаметилендіаміну в стічній воді після очищення

Результати проведених досліджень щодо очищення стічних вод на ПАТ «Чернігів Хімволокно» в системі «підприємство – ставок-накопичувач»

показали, що в порівнянні з існуючою схемою очищення запропонований мікробіологічний метод забезпечує необхідну повноту вилучення ГМД зі стічної води перед її скиданням у водойму. При очищенні стічної води з концентрацією ГМД 1-4 г/л за допомогою запропонованої технології залишкова концентрація не досягала і 1,5 мг/л, тобто ступінь очищення води від ГМД становив 99,93%. Крім того, за економічними показниками метод в 50 разів ефективніше, ніж спалювання стоків у печах, що свідчить про доцільність його застосування в промислових умовах.

3.3 Зневоднення та знезараження осаду який утворюється після очищення

Після процесу очищення стічної води за допомогою мікробіологічного методу утворюється незначна кількість мулу, тобто залишки бактерій які вичерпали свою зданість знешкоджувати ГМД. Постає питання щодо переробки та знешкодження утвореного мулу. Одним з прикладів корисного використання залишків біоматеріалу є утворення біогазу при анаеробному зброджуванні осаду, що виникає в ході біологічної очистки побутових стічних вод [3]. Цей процес протікає в метантенках, де в результаті мезофільного (при температурі 30-35°C) або термофільного (при температурі 50-55°C) зброджування органічна речовина осаду розпадається з виділенням суміші газів, що складається переважно з метану (до 70%) та вуглекислого газу (до 30%) [44]. І хоча зброджування каналізаційного осаду в метантенках потребує витрат енергії на нагрівання, перевагою процесу є те, що виділення біогазу відбувається у надлишковій кількості у порівнянні з термічними потребами установки. Так, наприклад, при обробці суміші свіжих осадів після первинного та вторинного відстійників для нагрівання метантенку буде потрібна приблизно одна третина утворюваного біогазу, тоді як дві третини залишається вільним для подальшого використання [45].

Зберігають біогаз у газгольдерах під тиском у кілька барів. Окрім нагрівання метантенків цей газ може використовуватись для опалення

приміщень, сушки осаду, в якості палива для печей по спаленню осаду, а також як джерело електроенергії.

Вологість осаду після зброджування у метантенках може сягати 99 відсотків, а тому він потребує зневоднення, основна мета якого полягає в зменшенні обсягів, що він займає, а також витрат, пов'язаних з його транспортуванням та подальшою обробкою. Стабілізований зневоднений осад після додаткового підсушування може використовуватись в якості добрива у сільському господарстві, якщо він задовольняє існуючим санітарно-гігієнічним вимогам, перш за все, щодо вмісту іонів важких металів.

Питання переходу до механічних методів зневоднення стає дедалі актуальнішим для України. На відміну від держав Західної Європи, де механічне зневоднення у практиці водопостачання та водовідведення є загальноновживаним, в нашій країні такі процеси все ще залишаються скоріше винятком із правил. Зазвичай, органічний осад, що утворився на каналізаційних спорудах, зневоднюється на мулових полях, а осад водопровідних станцій просто скидається до найближчих проточних водойм без будь-якої обробки. Все це призводить до негативного впливу на довкілля, як це зазначено в звіті Комітету з питань екологічної політики Європейської економічної комісії ООН [46].

Попередньо ущільнений та оброблений флокулянтосад після зневоднення зменшував свою вологість з 99 до 76 відсотків. На рис. 3.6 наведене фото декантера UCF 466-00-35, протестованого на ДВС 09 серпня 2011 року. На рис. 3.10 наведені фото осаду та центрату (рідини, яка відділяється від осаду під дією відцентрової сили) після проведення тестового зневоднення.



Рисунок 3.10 – Відцентровий декантер UCF 466-00-35

Тестове зневоднення показало зменшення вологості осаду на 23 відсотки. Гідрофільний осад, що містить багато хімічно зв'язаної води, віддає вологу набагато гірше, ніж гідрофобний. Тип осаду диктує і вибір технологічних процесів, що передують зневодненню, а також обумовлює застосування тієї чи іншої установки.



Рисунок 3.11 – Осад (зліва) та центрат (справа) після тестового зневоднення

Фільтрпреси є одними з найбільш розповсюджених установок, які застосовуються при зневодненні осаду водопровідних та каналізаційних очисних споруд. Вилучення води тут відбувається за рахунок надлишкового тиску, прикладеного до осаду. На рис.3.12 наведена спрощена схема однієї секції камерного фільтрпреса.

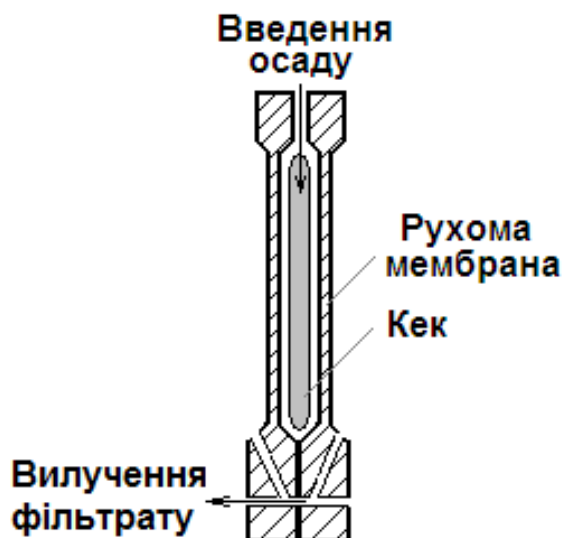


Рисунок 3.12 – Схематичне зображення секції камерного фільтрпреса

Осад після проходження стадії хімічного кондиціонування закачується помпою у простір між двома плитами з такою витратою, щоб підтримувати тиск 690-1550 кПа протягом 1-3 годин [44]. За рахунок цього тиску вода вилучається з осаду, фільтруючись крізь мембрани, які займають значну частину поверхні обох плит. Загальний фільтроцикл становить 2-5 годин та складається з п'яти етапів. На першому етапі відбувається заповнення камер фільтрпресу, на другому – зневоднення осаду (при цьому осад подається до камер в обсязі, потрібному для підтримування постійного надлишкового тиску). Третій етап – це відкриття камер фільтрпресу за рахунок розсування плит, четвертий – вивантаження кеку та промивка, п'ятий – закриття камер фільтрпресу.

Для прогнозування зміни концентрації твердої фази осаду з часом та по ширині камери фільтрпресу було застосовано методи математичного моделювання. За базову взято модель фільтрпреса, описану в роботах [45]:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D(X) \frac{\partial X}{\partial z} - X \frac{dh}{dt} \right], \quad (3.7)$$

де X – об’ємна концентрація твердої фази;

dh/dt – швидкість збільшення шару концентрованого осаду біля поверхні мембрани;

$D(X)$ – коефіцієнт дисперсії.

Вважається, що осад подається до камери фільтрпресу зі сталою концентрацією твердої фази X_0 , тоді як біля мембрани формується шар зневодненого осаду з концентрацією X_{inf} , яка є максимально можливою концентрацією для даного надлишкового тиску ΔP (див. рис. 3.9) та обчислюється за формулою:

$$X_{inf} = X_g \left(\frac{\Delta P}{p_1} + 1 \right)^{1/p_2}, \quad (3.8)$$

де X_g – концентрація досягнення точки гелеутворення (об’ємна концентрація твердої фази, за якої осад набуває властивостей неньютонівської рідини);

ΔP – величина надлишкового тиску, прикладеного до осаду;

p_1, p_2 – емпіричні коефіцієнти, які характеризують властивості осаду.

Коефіцієнт дисперсії $D(X)$ в рівнянні (3.7) визначався за формулою, наведеною в роботі [45]:

$$D(X) = d_1 X^{d_2} (1 - X)^{d_3}, \quad (3.9)$$

де X – об’ємна концентрація твердої фази осаду в певний момент часу в певній точці камери фільтрпресу (див. рівняння (3.7));

d_1, d_2, d_3 – емпіричні коефіцієнти, залежні від типу осаду.

Значення коефіцієнтів d_1, d_2, d_3 пов’язане з величиною осмотичного тиску, який визначається або за чисто емпіричними залежностями, як це, наприклад, зроблено у роботі [46], або за теоретично обґрунтованими виразами, як наприклад формула Кайдінга [47] або її модифікація, яка враховує крім щільності твердої фази також густину рідкої фази [48].

При концентраціях твердої фази, які є близькими до X_{inf} , процес зневоднення майже припиняється. Тому в розрахунках вводиться коефіцієнт f . Програма припиняє роботу при досягненні об’ємної концентрації твердої фази $X=f \cdot X_{inf}$. Інший варіант припинення роботи програми – досягнення часу T_f , який задається разом з вихідними даними. Програма припиняє роботу у випадку, коли значення часу T_f є меншим за час досягнення концентрації $f \cdot X_{inf}$. Інтерфейс програми показано на рис. 3.13.

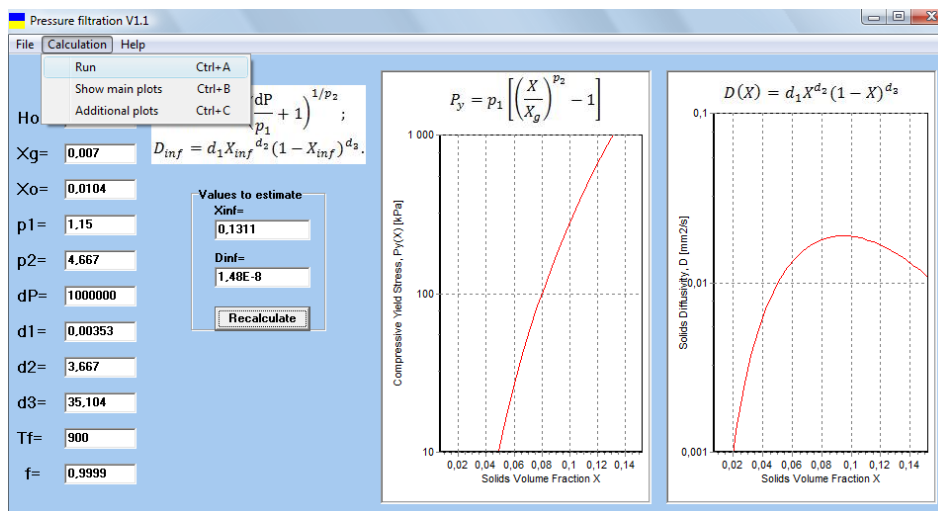


Рисунок 3.13 – Інтерфейс програми для розрахунку фільтрпреса

Як приклад на рисунку 3.14 наведено графік зміни середньої концентрації твердої фази X_{av} з часом при зміні надлишкового тиску ΔP у діапазоні від 600

кПа до 1400 кПа Вихідні дані для розрахунку фільтрпреса було взято з роботи [46].

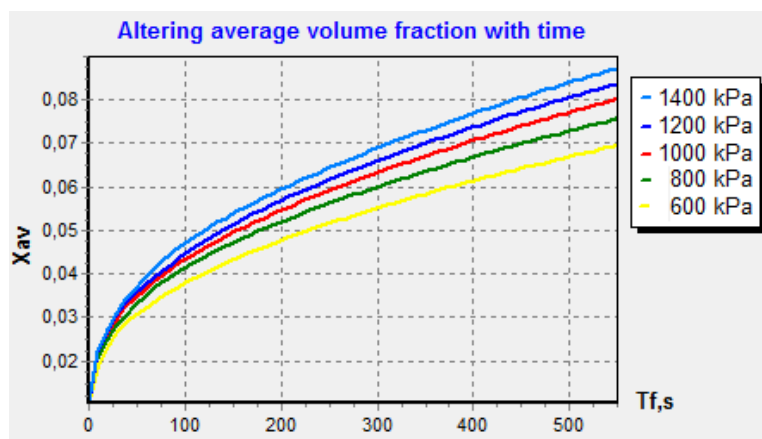


Рисунок 3.14 – Зміна середньої об'ємної концентрації твердої фази при різних значеннях прикладеного тиску

Як видно з рисунка 3.14, збільшення прикладеного тиску з 600 кПа до 1400 кПа при часі фільтрування 500 с при заданих вихідних даних, призводить до росту середньої концентрації твердої фази в камері фільтрпреса приблизно на 30 %.

Наразі обговорюється питання переходу на механічне зневоднення осаду також у Києві. Так, дев'ятого серпня 2017 року на Дніпровській водопровідній станції (ДВС) представники вищезгаданої фірми GEA Westfalia Separator Group презентували мобільну установку UCF 466-00-35 у контейнерному виконанні (дивитися рисунки 6, 7).



Рисунок 3.15 – Відцентровий декантер, презентований 09.08.2011 на ДВС



Рисунок 3.16 – Осад після зневоднення

Тестування установки показало двадцятикратне зменшення об'ємів осаду після зневоднення, що показано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати тестування декантера UCF 466-00-35 на ДВС

Подача осаду	20 м ³ /год
Вологість вихідного осаду	99%
Вологість зневодненого осаду	76%
Витрата флокулянту	5 г/1 кг сухої речовини
Марка флокулянту	Praestol 2540
Постачальник флокулянту	Ashland Deutschland GmbH

На відміну від водопровідних станцій, де кількість осаду залежить від якості води в джерелі водопостачання (тобто станції однакової потужності можуть мати об'єми осаду, які різняться в кілька разів), міські каналізаційні очисні споруди продукують цілком прогнозовану кількість осаду, яка є прямо пропорційною витраті побутових стічних вод, що надходять на очищення. Так, на одного умовного мешканця на добу припадає приблизно 80 г осаду, рахуючи по сухій речовині [46]. Тобто на станції очистки стічних вод у місті з

мільйонним населенням за добу утворюється близько 80 т осаду (по сухій речовині). Діючим на сьогодні нормативним документом, що регламентує поводження з каналізаційним осадом, залишаються будівельні норми «СНІП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения», які не вимагають обов'язкового застосування методів механічного зневоднення.

І хоча майже всі українські каналізаційні очисні споруди обладнані виключно муловими майданчиками (або муловими полями), що, як правило, погіршують екологічну ситуацію місцевості, часто захаращуючи великі території, сучасні умови диктують застосування саме механічного зневоднення, особливо у великих містах, де вартість землі є найбільшою. Це зауважили й експерти Комітету з питань екологічної політики Європейської економічної комісії ООН: «Проблема ліквідації та/або утилізації осаду з каналізаційних очисних споруд в Україні залишається досі не вирішеною, оскільки великий вміст важких металів у осаді робить неможливим його використання у сільському господарстві. Іншою проблемою є великі обсяги осаду. Механічне зневоднення осаду, яке широко використовується у країнах Західної Європи, є дуже енергоємним процесом, який ще й досі не впроваджений в Україні. Крім того, більшість хімічних реагентів, необхідних для перебігу даного процесу, в Україні не виробляється, а їх імпорт потребує додаткового фінансування» [5].

У рамках проекту IWAS (Міжнародний альянс водних досліджень Саксонії) щодо поліпшення екологічного стану ріки Західний Буг Європейським Союзом було виділено пільгові кредити на модернізацію каналізаційних очисних споруд міста Львів, де наразі замінено мулові майданчики на установки механічного зневоднення осаду.

На Бортничівській станції аерації у липні 2017 року відбулась презентація мобільного фільтрпресу швейцарської фірми «Bucher» потужністю 20 м³/год, який в залежності від типу осаду (аеробно стабілізований активний мул після вторинних відстійників, зброджений у метантенках осад первинних відстійників, сирий нестабілізований осад) дозволяє зменшити вологість осаду з 98-99% до 50-78%.

Для вибору оптимальних методів ущільнення, кондиціонування й зневоднення осаду каналізаційних очисних споруд, і особливо надлишкового активного мулу, необхідно враховувати його властивості, такі як здатність до згущення [46] (яка безпосередньо пов'язана з муловим індексом та швидкістю осідання [47]), здатність до фільтрування, вихідна вологість і гранична вологість (сухість) осаду та інші.

Дослідження, проведені в Інституті колоїдної хімії та хімії води ім. Думанського, показали суттєве зменшення вмісту в осаді стічних вод іонів важких металів за останні роки, пов'язане, на жаль, не з покращенням якості очистки промстоків, а зі значним скороченням виробництва на Україні [6].

Основними спорудами, що використовуються при механічному зневодненні осаду, є стрічковий фільтрпрес, камерний фільтрпрес, горизонтальна осаджувальна центрифуга, фільтрпрес з мембранними плитами та (наразі досить рідко) вакуумний фільтр [7].

Останнім часом на ринку зневоднення каналізаційних осадів почали використовуватись також шнекові преси. Німецька фірма Huber запровадила цілу лінійку шнекових пресів різної потужності під спільною серією HUBER ROTAMAT RoS 3Q. На рис. 3.16 показано вигляд шнекового пресу. У таблицях 3.16 та 3.17 наведені основні характеристики роботи шнекових пресів фірми HUBER по зневодненню осаду, що утворюється на каналізаційних очисних спорудах [43].



Рисунок 3.17 – Шнековий прес HUBER ROTAMAT RoS 3Q

Таблиця 3.3 – Осереднені дані, отримані при експлуатації шнекових пресів

Вид осаду	Ступінь зневоднення, %	Потреба у флокулянті, г/кг
Осад після первинних відстійників	33-38	3-6
Зброджений осад після метантенків	25-30	8-15

Таблиця 3.4 – Питомі витрати на зневоднення каналізаційного осаду шнековим пресом

Види витрат	Енергія	Флокулянти	Зарплатня	Разом
Питомі витрати, Євро/т СМ	1,20	40,00	7,10	48,30

Витрати в таблиці 3.4 наведені у євро для умовної каналізаційної очисної станції, розрахованої на еквівалентне число мешканців 20000 осіб, де за добу утворюється близько 1600 кг осаду в перерахунку на суху речовину. Вартість флокулянту підрахована, виходячи з середньої потреби у флокулянті, яка складає 8 г/кг СМ. Енерговитрати розраховані, виходячи з середньої вартості електроенергії для Німеччини у 15 центів за кВт та її середньому споживанні у 8 кВт при зневодненні однієї тони осаду в перерахунку на суху речовину. Витрати на обслуговуючий персонал обчислені, виходячи з того, що на догляд за установкою кваліфікований працівник із зарплатнею 40 євро за годину мусить витратити 3 години на тиждень.

Проте незважаючи на появу нових установ для зневоднення осаду, найбільш розповсюдженими залишаються різні модифікації фільтрпресів [49]. Спрощено схему роботи фільтрпреса можна представити так, як це зображено на рис. 3.18. Осад подається до фільтрувальної камери висотою H_0 , що з одного боку обмежена мембраною, а з іншого поршнем, до якого прикладається надлишковий тиск dP . У деяких модифікаціях фільтрпресів (наприклад,

фільтрпрес з мембранними плитами) цей тиск виникає завдяки подачі надлишкових обсягів осаду до камери фіксованого об'єму [50]. Під дією тиску dP вода, що міститься в осаді, фільтрується крізь мембрану, утворюючи фільтрат, а тверда фаза накопичується всередині фільтрувальної камери. Процес припиняється, коли внутрішній (осмотичний) тиск осаду сягає величини зовнішнього тиску dP , і поршень не в змозі рухатись далі. При цьому висота шару осаду зменшується від первісного значення H_0 до кінцевого значення h .

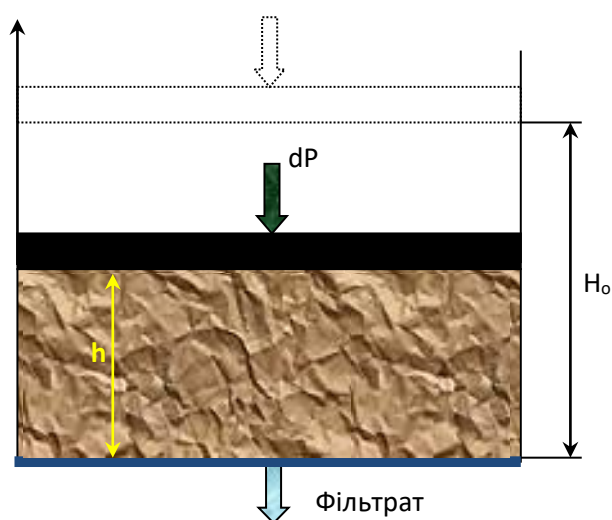


Рисунок 3.18 – Схема роботи фільтрпреса

Для точнішого прогнозування експлуатації установок механічного зневоднення осаду використовують методи математичного моделювання, які ґрунтуються на описанні засобами математики фізичних процесів, перебіг яких спостерігається під час роботи споруди.

Висновки до розділу 3

1. Для очищення стічних вод від ГМД була розглянута можливість застосування бактеріальних культур-деструкторів, які використовують ГМД як

джерело живлення. Основою мікробіологічного методу є високоефективні новітні спорові бактерії *Bacillus subtilis*.

2. Встановлено, що при очищенні стічної води з концентрацією ГМД 1-4 г/л за допомогою запропонованої технології залишкова концентрація не досягала і 1,5 мг/л, тобто ступінь очищення води від ГМД становить 99,93%.

3. Розглянуто основні проблеми, пов'язані з осадам, який у великих обсягах утворюється на водопровідних і каналізаційних очисних станціях України, та можливості їх вирішення шляхом заміни застарілих технологій сучасними методами механічного зневоднення. Наведено характеристики деяких установок, які використовуються в країнах ЄС для швидкого зменшення об'єму осаду. Проілюстровано застосування методів математичного моделювання для прогнозування роботи фільтрпресу.

4 СТАРТАП «МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ХІМІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ»

4.1 Удосконалення роботи установки за рахунок встановлення змінних фільтрів

Традиційні методи очищення в аеротенках втрачають свою актуальність через великі витрати електроенергії на аерацію і високі капітальні витрати, а також гострі екологічні проблеми, пов'язані з обробкою і видаленням постійно утворюваних великих мас надлишкового активного мулу. На даний час за кордоном і в нашій країні успішно експлуатуються сотні різних біо- і фізико-хімічних реакторів для очищення стічних вод, які містять ГМД.

В основі процесу анаеробної очистки лежить біохімічне перетворення в безкисневих умовах органічних речовин забруднень стічної води в біогаз (суміш 70% метану і 30% вуглекислого газу). Від 1 кг ГПК вилучених забруднень утворюється близько 0,5 кубометрів біогазу, який є високоякісним паливом з калорійністю 5500- 7000 ккал / м³, що дуже важливо для України, яка не має в достатній кількості енергоносіїв [9].

Продуктивність сучасних конструкцій анаеробних біореакторів досягає 115-30 кг ХСК /м³доба, що в 10-15 разів вище продуктивності аеротенків. Це забезпечується підтримкою в анаеробних біореакторах великих доз (20-60 г / л) високоактивного анаеробного мулу, який утворює стійкі щільні флокули (гранули) діаметром 1-5 мм [11].

Утримання біомаси в біореактрах проводиться за допомогою внутрішніх спеціальних перегородок виготовлених з анідних волокон. Реактори виконуються із залізобетону або металу. Компактність, повна герметичність і невеликі габарити біо- і фізико-хімічних реакторів дозволяє встановлювати їх не тільки на майданчику очисних споруд, а й на території підприємств і навіть, в ряді випадків, всередині виробничих приміщень.

Процес очищення простий в управлінні і може бути повністю автоматизований. Кількість необхідних параметрів, що контролюються

мінімально, наприклад, для аеробних біореакторів - це температура, рН та ГДК очищеного стоку [51]. Процес стійкий також до великих навантажень і змін якості стічних вод.

Характерною особливістю технології є виключно малий приріст мулу, не більше 5% від маси видалених при очищенні забруднень. У той же час при очищенні стічних вод в аеротенках, тільки кількість циркуляційного (оборотного) мулу становить за обсягом 30-50% від витрат води, що очищається. Кількість надлишкового активного мулу невелика, і при його вологості 99,2-99,6% становить 4 л / добу на одну людину. Крім того, анаеробний мул після біореакторів практично стабільний (він не розкладається при відкритому зберіганні та не поширює неприємні запахи), легко зневоднюється та знезаражується [52].

В Україні біотехнологія впроваджена на:

1) Івано-Франківському заводі тонкого органічного синтезу (50 м^3 /добу) від неіоногенних ПАР з 10000 мг/л до 20 мг/л [13].

2) Дніпродзержинському ВО "Азот" при очищенні стічних вод виробництва поліізоціаніта (720 м^3 /добу) від аніліну в концентрації 1500 мг/л й інших забруднювачів - до ГДК для скидання на біологічні очисні споруди [14].

3) на ряді птахофабрик і тваринницьких комплексів при очищенні побутових стічних вод в селищах міського типу і районних центрах [53].

Технологічна суть біоконвеєра полягає в тому, що на шляху води, яку потрібно очистити, розміщені гідробіонти — анаеробні бактерії, аеробні мікроорганізми. Біоконвеєр має ряд переваг перед традиційним біологічним очищення води:

- можливість очищати будь-які (природні, зливові, побутові, промислові стічні) води, що містять розчинені органічні сполуки, навіть гранично токсичні, канцерогенні чи мутагенні, за будь-яких їх концентрацій;
- біоконвеєр дає змогу доводити якість очищеної води до будь-якого заданого ступеня чистоти;

- знімає проблему надлишкової біомаси, бо вона споживається і мінералізується у трофічному ланцюгу.

Біоконвеєр, як і всі інші відомі та широко застосовувані біотехнології охорони довкілля, — економічно вигідна і екологічно раціональна технологія. За принципом біоконвеєра вже працює більше сотні очисних споруд — нових і реконструйованих — з очищення промислових і побутових стоків, а також зливових і природних вод.

Кількість надлишкового активного мулу в аеротенках при повному очищенні стічних вод вказано в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 — Кількість надлишкового активного мулу який використовується при повній очистці стічних вод

БПК г/м ³ очищених стічних вод	15	20	25
Кількість надлишкового мулу на г/м ³ рідини	160	200	220

Біореактори можуть встановлюватися на станціях біологічного очищення з продуктивністю від 120 м³/добу до 55000 м³/добу [54]. Біореактор складається з контейнерів-модулів і являє собою прямокутний металевий резервуар, розділений всередині перегородками, що утворюють багатоступінчасті аеротенки [55]. Усі сходи в аеротенках обладнуються пластмасовим завантаженням, яке кріпиться в середній частині біореактора і імобілізує на себе мікрофлору. У нижній частині біореактора активний мул знаходиться в підвішеному стані. Аерація здійснюється придонними аераторами. Процес очищення СВ здійснюється біоценозом мікроорганізмів у відновлювальних умовах. Це створює сприятливі умови для нітрифікації-денітрифікації. Обидва процеси відбуваються одночасно. Приєднаний біоценоз мікроорганізмів останніх камер характеризується формуванням багатого і різноманітного

видового складу найпростіших, які є регулятором приросту активного мулу. Надлишковий активний мул має досить високу ступінь мінералізації, тому добре зневоднюється. Він вивозиться в мішках і використовується як органічне добриво. Приріст мулу в 3-4 рази менше, ніж в аеротенках такого класу [56].

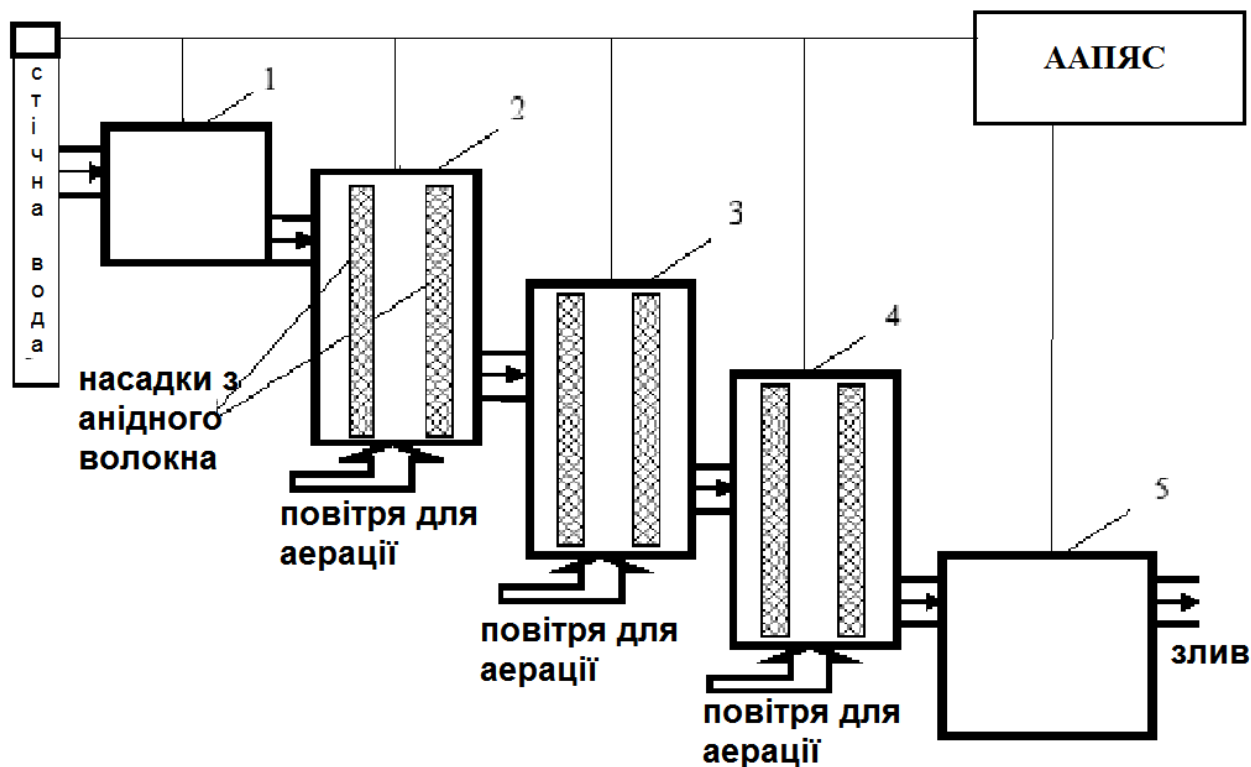
При скиданні стічних вод з такими зваженими речовинами вони не порушують природний баланс водойми, включаючись в трофічні системи (хижі коловертки, малоцетинкові черви, сисні інфузорії - представники 3-го трофічного рівня є відмінним кормом для риб; нематод, коловертки - представники 2-го трофічного рівня; підсилюють бактеріальне очищення в планктоні, перифітоні, тим самим покращуючи санітарний стан водойми). Надлишковий активний мул відводиться в аеробний мінералізатор, де завдяки взаємовідносин мікроорганізмів, маса мулу знижується в 2-3 рази [57].

Дана технологія дозволяє отримати багатий і різноманітний біоценоз, який на 99% забезпечує біологічну дезінфекцію мулу і стоку [58].

Для промислового використання технології біоконвеєра створена установка мікробіологічної очистки, до складу якої входять:

- 1) нейтралізатор об'ємом 8 м³;
- 2) три біореактори об'ємом по 2,5 м³ з насадками з анідного волокна типу «Вія», які прикріплюють мікроорганізми-деструктори;
- 3) відстійник об'ємом 6 м³.

Очищення стічних вод підприємства від ГМД здійснюється безперервно, за технологічною схемою, яка зображена на рис 4.1 .



1-нейтралізатор; 2 – 1-й біореактор; 3 – 2-й біореактор; 4 – 3-й біореактор; 5 – відстійник; 6 - автоматична система управління продуктивності та якості очищення стічної води

Рисунок 4.1 – Автоматизована технологічна схема установки мікробіологічного очищення стічної води

Стічні води, забруднені ГМД (концентрація 2,54 г/л), при температурі +60 - 80 °С подаються насосами з баків-накопичувачів з відділу розчинення солі АГ (сіль адипінової кислоти і ГМД) в нейтралізатор, де для активної життєдіяльності мікроорганізмів-деструкторів створюються необхідні параметри середовища їх існування. Для цього стоки охолоджують до +30 °С і доводять рН до 9 введенням 10% -вого розчину ортофосфорної кислоти [58].

Основу запропонованої технології мікробіологічного очищення (рис.4.2) складають біореактори, які забезпечують необхідну якість та продуктивність очищення. З нейтралізатора стоки насосом подаються в біореактори, де вони розпорошуються форсунками. Вирощену в лабораторних умовах біомасу мікроорганізмів-деструкторів вводять в камеру біомаси. Саме в біореакторах на

насадках з анідних волокон і здійснюється процес поглинання і розщеплення ГМД мікроорганізмами [59].

Для кращого перемішування і підвищення ефективності очищення в біореакторах проводиться аерація води (50 -100 м³/ год) [60].

Основне зниження концентрації ГМД відбувається в першому біореакторі (з 2500 мг/л до 100 мг/л). У наступних біореакторах концентрація ГМД знижується до 5 мг / л.

Після очищення в біореакторах стічні води надходять в бак-відстійник, де біомаса випадає в осад, а очищені від ГМД стоки спрямовуються у ставок-накопичувач. На рис.4.2 зображено промисловий біореактор мікробіологічного очищення який планується вводити на хімічних підприємствах.

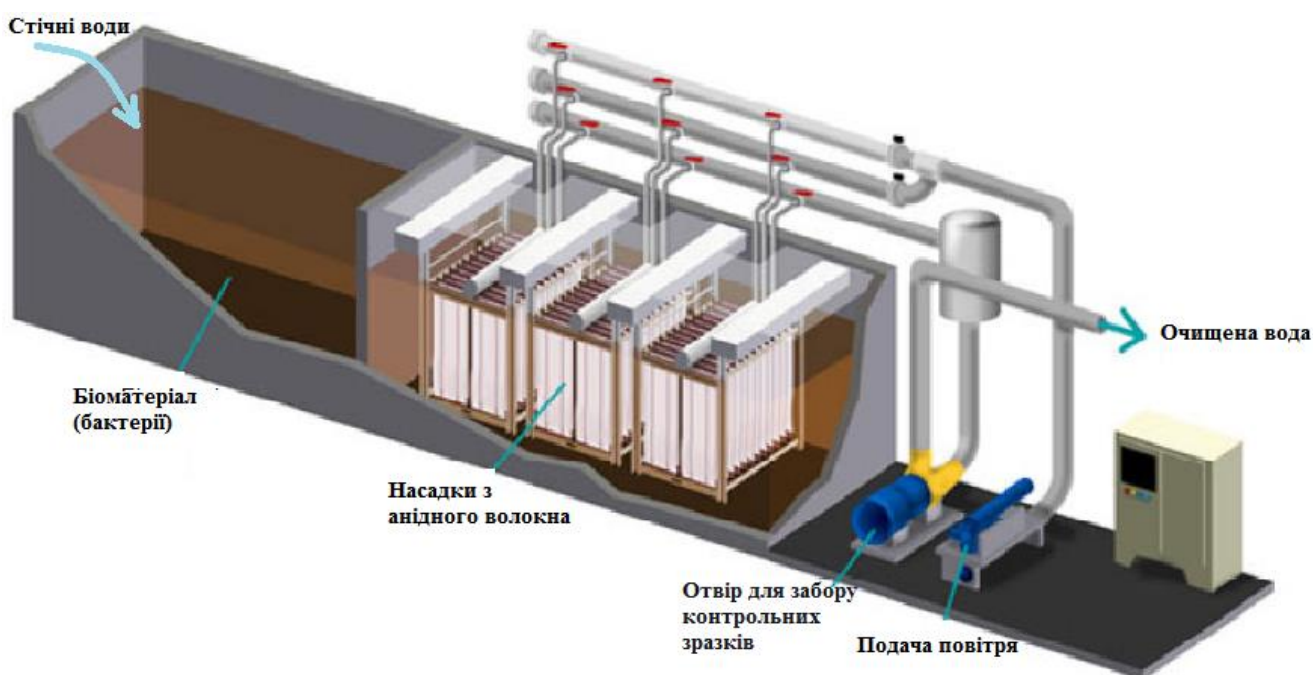


Рисунок 4.2 – Промисловий біореактор мікробіологічної очистки

4.2 Маркетинговий аналіз стартап проекту

Етапи маркетингового аналізу стартап-проекту [65] описано в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка універсальної установки мікробіологічного очищення стічних вод хімічних підприємств які містять гексаметилендіамін.	1. Очищення ставка-накопичувача 2. Очищення стічної води будь-якого циклу хімічних підприємств	1. Ефективне очищення 2. Простота експлуатації 3. Конкурентна вартість установки 4. Низька вартість щомісячної витрати на обслуговування

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (табл. 4.3):

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Удосконалена система очищення стічної води	Мікробіологічне очищення з використанням спорових бактерій	Біологічне очищення і біореакторах	Необхідність вдосконалення аеробно-анаеробних біореакторів з подальшим використанням змінних фільтрів

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів. У табл. 4.4 наведено аналіз попиту, обсягу та динаміку розвитку ринку

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку	Характеристика
Кількість головних гравців, од	22
Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	459000
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу	Обмежена кількість потенційних користувачів
Вимоги до стандартизації та сертифікації	ISO 24510:2007, ISO 24511:2007 та ISO 24512:2007
Середня норма рентабельності в галузі, %	80 %

Визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи користувачів (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Вимоги споживачів до товару
Необхідність очищення ставка-накопичувача з ГМД	ПАТ «Чернігівське Хімволокно»	1. Ефективність очищення 2. Низька вартість продукту 3. Низькі затрати на експлуатацію
Необхідність очищення стічної води хімічних підприємств	Хімічні підприємства	

Підприємства потенційні користувачі установки мікробіологічного очищення стічних вод:

1. Вінницяпобутхім;
2. Борщагівський хіміко-фармацевтичний завод;
3. Держинський фенольний завод;
4. ДніпроАзот;
5. Дніпрошина;
6. Київхімволокно;
7. Кримський содовий завод;
8. Лисичанський содовий завод;
9. Маркохім;
10. Об'єднання «Склопластик»;
11. Павлоградський хімічний завод;
12. Полімер (підприємство);
13. Придніпровський хімічний завод;
14. Рівнеазот;
15. Сєверодонецьке об'єднання «Азот»;
16. Стебницьке ДГХП Полімінерал;
17. Стебницький калійний комбінат;
18. Сумихімпром;
19. Харпластмас;
20. Чернігівське Хімволокно;
21. Чернігівфільтр.

4.3 SWOT – аналіз установки мікробіологічного очищення стічної води хімічних підприємств

Традиційний метод SWOT — аналізу дозволяє провести детальне вивчення зовнішнього й внутрішнього середовища. Його побудова базується на

методології системно-цільового підходу, де основна увага акцентується на вимірі параметрів зовнішнього й внутрішнього середовища в просторі, у часі й з урахуванням інформаційного потенціалу [65].

Сильні сторони підприємства покликані забезпечити його прискорене просування до досягнення стратегічних цілей, у той час як його «слабості» викликають гальмування. Тут також природно враховувати можливості й загрози зовнішнього середовища, без яких неможливо вірно визначити сценарії розвитку організації.

Чинність — це властивість організаційної системи, що за умови синтезу з можливостями зовнішнього середовища забезпечує прискорене просування системи до досягнення стратегічних цілей. Особливий інтерес при цьому представляє утворення «спіралі розвитку» — траєкторії, що формується внаслідок «накладення» (синтезу) сильних сторін організаційної системи на сприятливі можливості зовнішнього середовища (з урахуванням слабких сторін організаційної системи й погроз зовнішнього середовища).

Слабкість — негативна властивість організації, що визначає її гальмування в процесі руху до досягнення стратегічних цілей. Гальмування стає істотним при злитті (синтезі) основних слабостей організаційної системи з істотними погрозами зовнішнього середовища. При цьому також не можна ігнорувати сильні сторони підприємства й можливості зовнішнього середовища. Так формується варіант песимістичного сценарію розвитку організації. Такий сценарій може трансформуватися в «спіраль краху», якщо має місце тенденція до ослаблення можливостей і сильних сторін, з одного боку, і посиленню погроз зовнішнього середовища в сполученні з наростанням слабких сторін організації.

Можливості — це тенденції або події в зовнішньому середовищі, при правильній відповідній реакції на які організація домагається істотного просування до поставлених стратегічних цілей.

Загрози — це тенденції або події в зовнішньому середовищі, які за відсутності відповідної реакції організації спричиняють значне погіршення

стану організації на шляху до виконання своїх планів. SWOT – аналіз стартап проекту наведений в табл. 4.6

Таблиця 4.6 – SWOT – аналіз стартап проекту

Сильні сторони: • принципово нова технологія • компактні розміри установки • ефективна робота установки • використання лише природних компонентів • низькі витрати на експлуатацію • автоматизована система управління • універсальність при зміні фільтрів • мобільність установки	Слабкі сторони: • не використовуваюсь на практиці • висока вартість
Можливості: • запровадження нової технології • вихід на міжнародні ринки • використання декількома підприємства	Загрози: • поява конкурентів • відсутність попиту на установку • поява нових технологій очищення води від специфічних забрудників

4.4 Еколого-економічна оцінка ефективності роботи установки після модернізації

Проектовані об'єкти повинні відповідати стандартам і положенням з екології виробництва (наприклад, "Санітарним нормам проектування промислових підприємств", "Правилам установа припустимих викидів речовин промисловими підприємствами" й ін.). Важливою умовою еколого-економічної оцінки порівняння витрат на нове будівництво з базовими останніми показниками кращих підприємств у галузі.

Метою еколого-економічної оцінки є [65]:

1) попередження негативного впливу проектів на навколишнє середовище;

2) комплексне еколого – економічного обґрунтування проектів будівництва або реконструкції підприємств.

База в кожному конкретному проекті визначається індивідуально. Еколого-економічна оцінка складається з чотирьох етапів [66].

I етап. Оцінка екологічної допустимості будівництва, по якій сумарний обсяг викидів нового або реконструйованого виробництва не може перевищувати ПДК в атмосфері і воді

II етап. На ньому обчислюються і зіставляються витрати на проектований об'єкт із базовим.

III етап. Він пов'язаний з необхідністю подолання шкідливого впливу в районах, де забруднення вище ПДК, тобто необхідна мінімізація шкідливої дії проектованого об'єкта.

IV етап. Визначається економічний ефект від капітальних вкладень. На основі порівняння з базовим підприємством визначаються витрати величини збитків і розраховується економічний ефект.

Платежі за забруднення навколишнього середовища є складовою частиною фінансового механізму охорони довкілля та раціонального використання природних ресурсів. Основу платежів становлять нормативи плати за забруднення навколишнього середовища.

Розрахунок капіталовкладень. Розрахунок капіталовкладень на введення в технологічний процес установки мікробіологічного очищення стічних вод від ГМД.

При розрахунку капіталовкладень на введення змін враховуються ціни на матеріали, устаткування, монтажні і пусконаладжувальні роботи, а також транспортні витрати [67].

Матеріали і устаткування, які необхідні для введення в дію нового елементу, з цінами наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Витрати на матеріали та устаткування

Найменування	Вартість, грн.
Установка мікробіологічного очищення:	
Резервуари для подачі води: нейтралізатор, три біореактори, відстійник,	130000
Насадки з анідного волокна(6 шт) (виробляються на підпр 1000грн)	24000
Автоматизована система	80000
Біоматеріал (6 кг)	9000
Загальна вартість:	459000

Очікувані витрати на введення установки для очищення стічних вод, використовуючи мікроорганізми складатиме [67]:

Очікувані витрати на нововведення розрахуємо по формулі (4.1):

$$Ц = B_{M.Y} + B_{M.P} + B_{П.Н} + B_T + B_K, \text{ грн.} \quad (4.1)$$

де $B_{M.Y}$ – витрати матеріали та устаткування, грн.;

$$B_{M.Y} = 459000 \text{ грн.}$$

$B_{M.P}$ – витрати на монтажні роботи, грн.;

$B_{П.Н}$ – витрати на пусконаладжувальні роботи, грн.;

B_T – транспортні витрати, грн.;

B_K – витрати на складання проектно-кошторисної документації, грн.

Витрати на монтажні роботи складають 20 % від витрат на матеріали і устаткування та розраховуються за наступною формулою

$$B_{M.P} = B_{M.Y} \times 0,2, \text{ грн.}, \quad (4.2)$$

і складають

$$B_{M.P} = 1370000 \times 0,2 = 274000 \text{ грн.},$$

Витрати на пусконаладжувальні роботи складають 5 % від витрат на матеріали і устаткування та розраховуються за формулою:

$$B_{M.P} = B_{M.Y} \cdot 0,05, \text{ грн.}, \quad (4.3)$$

і складають

$$B_{M.P} = 1370000 \times 0,05 = 68500 \text{ грн.}$$

Транспортні витрати складають 300800 грн, а витрати на складання кошторисно-проектної документації 100500 грн.

Отже очікувані витрати на нововведення складатимуть, за формулою (4.1):

$$Ц = 1370000 + 274000 + 68500 + 300800 + 100500 = 2113800 \text{ грн.}$$

Розрахунок щорічних витрат коштів на роботу очисних споруд після запровадження нововведень. Очікувані щорічні витрати коштів на роботу

очисних споруд після реконструкції можна обчислити за формулою, наведеною в [66]:

$$B_{\text{ІПР}} = B_{\text{ЕЛ}} + B_{\text{Ц}} + B, \text{ грн}, \quad (4.4)$$

де $B_{\text{ЕЛ}}$ – витрати на електроенергію, грн.;

$B_{\text{Ц}}$ – витрати на придбання змінних насадок з анідного волокна;

B – витрати на річне технічне обслуговування

Потреби в електроенергії обчислюються за формулою [67]:

$$W = \sum_{\phi} (P \cdot n \cdot t) \cdot k + \sum_{\text{Е}} (P \cdot n \cdot t) \cdot k + \sum_{\text{Н}} (P \cdot n \cdot t) \cdot k, \text{ кВт/год}, \quad (4.5)$$

де P – потужність, яку споживає одиниця електрообладнання, кВт;

n – кількість одиниць даного електрообладнання, шт;

t – кількість годин роботи даного електрообладнання на добу, год;

k – кількість робочих днів за рік.

Отже кількість електроенергії що використовується на очисних спорудах:

$$W = (12 \times 3 \times 24)365 = 315360 \text{ кВт/год}.$$

Згідно тарифам на електроенергію плата за 1 кВт/год складає – 1,94162 грн. В грошовому еквіваленті річні витрати електроенергії $B_{\text{ЕЛ}}$ після впроваджень нововведень можна порахувати за формулою (4.6):

$$B_{\text{ЕЛ}} = W \cdot \text{Ц}_{1\text{кВт}}, \text{ грн} \quad (4.6)$$

де W – річна потреба в електроенергії, кВт/год;

$\text{Ц}_{1\text{кВт}}$ – ціна за 1кВт електроенергії, грн.;

Отже, $B_{\text{ЕЛ}} = 315360 \cdot 1,94162 = 612309,28 \text{ грн}.$

За рік нам необхідно замінити 2 насадки в одному біореакторі. Оскільки в нас три біореактори, тому за рік необхідно замінити 6 насадок, при цьому ціна однієї насадки, з урахуванням того, що підприємство виробляє їх самостійно складає 1000 грн. Щорічні витрати на заміну насадок складають $6 \times 1000 = 6000$ грн.

Експлуатаційні витрати пов'язані з періодичним технічним обслуговуванням модулів не перевищують 20 000 грн.

Щорічні витрати коштів на роботу очисної установки складатимуть:

$$V_{\text{пр}} = 2000 + 6123,09 + 6000 = 14123,09, \text{ грн.}$$

Розрахунок збитків за наднормативні скиди. Об'єм скидів забруднюючих речовин та їх концентрації визначаються на підставі даних обстеження об'єктів та аналізу журналів обліку водоспоживання, водовідведення, роботи каналізаційних насосних станцій з урахуванням вимог дозволів на спец водокористування та затверджених норм ГДС. Визначені при цьому показники включаються в розрахункові формули [68].

Відбір проб зворотних вод чи забруднюючих речовин, а також води водного об'єкта для оцінки впливу забруднень здійснюються відповідно до діючих інструкцій та нормативних актів. З моменту встановлення факту скиду до його повного припинення проби відбираються не менше 3-х разів з метою одержання реальної характеристики зворотних вод протягом всього періоду скиду.

Збитки для наднормативних скидів визначаються за формулою:

$$Z_{\text{над}} = 0,001 \times V \times T \times (C_{\text{ф}} - C_{\text{д}}) \times 0,003 \times N \times A_i \times S, \text{ грн} , \quad (4.7)$$

де V - витрата зворотних вод, $\text{м}^3/\text{год}$;

$C_{\text{ф}}$ – фактична концентрація забруднення;

C_d – дозволена для скиду концентрація забруднення, визначена при затвердженні ГДС;

0,003 – базова ставка відшкодування збитків, в частках неоподаткованого мінімуму доходів громадян;

A_i – показник відносної небезпечності речовини, визначаються з співвідношення $1/C_{гдк}$;

$C_{гдк}$ - гранично - допустима концентрація цієї речовини згідно СанПІН;

N – величина неоподаткованого мінімуму доходів громадян в одиницях національної валюти;

0,001 – коефіцієнт, що враховує розмірність величин.

S – коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта =1,4.

Підприємство скидає не достатньо очищену воду яка містить гексаметилендіамін, тому платить грошову компенсацію збитків. Дані по вмісту гексаметилендіаміну в стічній воді наведені в табл.4.8

Таблиця 4.8 – Вміст ГМД в стічній воді

Точка відбору	Концентрація, мг/л	ГДК, мг/л
Вхід на УФ установку мікробіологічного очищення	4,9	0,01
Вихід очищеної води	0,01	

Визначасмо збитки за наднормативні скиди гексаметилендіаміну за формулою (4.7). Для цього необхідно перевести мл в m^3 , в $1 m^3 = 1 \times 10^6$ мл, тому

$$\begin{aligned}
 Z_{над} &= 0,001 \times 2500 \times 8760 \times (503 - 270) \times 0,003 \times 17 \times 1 \times 1,4 = \\
 &= 364332,78, \text{ грн}
 \end{aligned}$$

Отже сума збитків сягає: $Z = 364332,78$ грн на рік.

Визначення еколого-економічного ефекту. Ефективність капіталовкладень використаних на природоохоронні заходи визначають за формулою [69]:

$$E_K = Z/K, \quad (4.8)$$

де Z – зменшення щорічних витрат для забезпечення роботи очисних споруд, грн.;

K – величина капіталовкладень використаних для модернізації цеху;

Зменшення щорічних витрат можна обчислити за формулою

$$Z = Z_1 - Z_2, \text{ грн.}, \quad (4.9)$$

де Z_1 – щорічні витрати до впровадження нововведень, грн.;

Z_2 – очікувані щорічні витрати після впровадження нововведень, які дорівнюють 0, оскільки за скиди в нормах ГДС збори не проводяться.

З врахуванням цих даних маємо

$$Z = 364332,78 - 0 = 364332,78, \text{ грн.}$$

Отже ефективність капіталовкладень запропонованих нововведень складатиме:

$$E_K = 364332,78 / 638309,28 = 0,57.$$

Що стосується терміну окупності запропонованих заходів, то він визначається за формулою:

$$T_K = K/Z, \quad (4.10)$$

де T_{OK} – термін окупності запропонованих заходів, у роках;

Z – зменшення щорічних витрат для забезпечення роботи очисних споруд, грн.;

K – величина капіталовкладень використаних для будівництва установки;

Отже термін окупності запропонованих нововведень на очисних спорудах складатиме:

$$T_{ок}=638309,28/364332,78=1,7 \text{ роки.}$$

Економічний результат природоохоронних заходів (P) [69] визначається за величиною економічних збитків ($Y_{пр}$), та величиною додаткового доходу (D) визначається за формулою

$$P=Y_{пр}+D, \quad (4.11)$$

де $Y_{пр}$ – величина попереднього економічного збитку;

D – річний приріст доходу внаслідок поліпшення виробничих досягнень.

Оскільки після знезараження вода досягла якості, при якій її можна використовувати, як технічну, тому частину води можна продавати підприємствам для використання в технічних цілях.

На даний час 1 м^3 коштує 0,1 грн.

В рік підприємство відводить до 10950000 м^3 води.

Тоді

$$D=0,1 \times 10950000=1095000 \text{ грн,}$$

$$P=364332,28+ 1095000=1459332,28 \text{ грн.}$$

Річні витрати на здійснення природоохоронних заходів визначаються за формулою [68]:

$$Z=C+E_{п}K, \quad (4.12)$$

де C – експлуатаційні витрати = 0;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень = 0,15

Одноразові капітальні вкладення:

$$Z = 0,15 \times 638309,78 = 95746,467 \text{ грн.}$$

Тоді розмір чистого економічного ефекту:

$$E_n = P - Z = 1459332,28 - 95746,467 = 136358,813 \text{ грн}$$

Розрахуємо термін окупності установки мікробіологічного очищення стічних вод з урахуванням того, що установки буде пересувною і неї зможуть користуватися колективно декілька підприємств.

За один цикл , перевезення установки та орендна плата за її користування складає $C_{ум} = 36433$ грн, що складає 10% від можливих збитків підприємства на штрафи за неочищені скиди.

Отже формула (4.10) набуває вигляду:

$$T_k = \frac{K + C_{ум}}{Z}. \quad (4.13)$$

Підставивши всі відомі величини в (4.13), отримаємо:

$$T_k = \frac{638309,28 + 36433}{364332,783} = 4 \text{ місяці}$$

З цього слідує, що термін окупності зменшиться майже в 5 разів, і підприємство зможе отримувати прибуток.

Висновки до розділу 4

1. Досліджено удосконалену технологію очищення стічної води, що дозволяє отримати багатий і різноманітний біоценоз, який на 99% забезпечує біологічне очищення стічної води.
2. Розглянута можливість використання змінних фільтрів, що зробить установку придатною для очищення води не тільки від ГМД, а й від інших хімічних речовин.
3. Проведено аналіз ринку та конкурентоспроможності дослідженої установки, наведено SWOT – аналіз установки мікробіологічного очищення стічної води хімічних підприємств.
4. Розраховано вартість установки, витрати на експлуатацію та ефективність очищення після застосування змінних фільтрів.

ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація присвячена питанню очищення стічних вод хімічних підприємств двоступеневим мікробіологічним методом

З аналізу літературних джерел встановлено, що здатність окремих видів гідробіонтів аеротенку пристосовуватись до виживання в умовах забруднення гексаметилендіаміном вивчена недостатньо і залишається невирішеним актуальне завдання щодо використання аеробних гідробіонтів в процесі очищення стоків і від гексаметилендіаміну і від інших азотвмісних забруднювачів.

1. В магістерській дисертації було розроблено технологію двоступеневого очищення стічної від гексаметилендіаміну, запропоновано модернізацію наявної установки мікробіологічного очищення стічних вод хімічних підприємств, за рахунок встановлення змінних фільтрів та запропоновано комплексне використання установки мікробіологічного очищення стічних вод кількома підприємствами.

2. Встановлено, що при очищенні стічної води з концентрацією ГМД 1-4 г/л за допомогою запропонованої технології залишкова концентрація не досягала і 1,5 мг/л, тобто ступінь очищення води від ГМД становить 99,93%.

3. Ефективне очищення стічних вод від гексаметилендіаміна досягається застосуванням альтернативного мікробіологічного методу, який базується на використанні спорових бактерій *Bacillus subtilis* 21/3, дріжджів *Saccharomyces cerevisial*, грампозитивних бактерій *Arthrobacter species* 125 і установки мікробіологічної очистки.

4. В ході дослідження спорових бактерій *Bacillus subtilis* було встановлено функціональну залежність життєдіяльності цих бактерій від температури стоків та від концентрації ГМД в стічних водах хімічних підприємств, яка має вигляд $y = -0,0731x^2 + 1,0193x - 0,1317$

5. Проведено аналіз ринку та конкурентоспроможності дослідженої установки, наведено SWOT – аналіз установки мікробіологічного очищення стічної води хімічних підприємств.

6. Розрахована вартість установки складає 459 000 грн, термін окупності складає 4 місяці при комплексному використанню установки мікробіологічного очищення декількома підприємствами.

7. Після всіх нововведень значно покращиться стан навколишнього природного середовища оскільки покращиться якість стічної води, а також підприємство зможе не тільки заощадити на екологічному збитку, але й отримуватиме прибуток від продажу очищеної води в технічних цілях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гексаметилендіамин: веб-сайт. URI: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення 01.12. 2018).
2. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. Львов: Химия, 1976. 387 с.
3. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2002 рік . Чернігів: Державне управління екології та природних ресурсів у Чернігівській області, 2003. 178 с.
4. Глоба Л. И., Гвоздяк П. И. Биологическая деноксация химических патогенов в водной среде. Киев: Химия, 1998. 224 с.
5. Гвоздяк П. І., Кузьмінський Є. В., Саблій Л. А., Жукова В. С. Патент України на винахід №94856, МПК C02F 3/03.Спосіб біологічного очищення стічних вод № а2010 06126; заявл. 20.05.10, опубл, Бюл. № 5.
6. Гвоздяк П. И. За принципом біоконвейера. Біотехнологія охорони довкілля. Київ: Вісник НАН України, 2003. 139 с.
7. Корнієнко І. М., Волошин М. Д. Інтенсифікація біологічного очищення стічних вод збільшенням дози активного мулу. Киев: Химия, 2004. 217 с.
8. Корнієнко І. М., Волошин М. Д., Шаломов В. А. Дослідження видового складу біоценозу активного мулу на очисних спорудах міста Дніпродзержинська. Харків: НТУ “ХПІ”, 2004. 167 с.
9. Корнієнко І. М., Волошин М. Д. Дослідження ідентифікованих видів *Herpobdella octoculata* та *Asellus aquaticus*, вилучених з очисних споруд м. Дніпродзержинська. Вісник НТУ “ХПІ”. 2004. № 35 С. 71 – 72.
10. Корнієнко І.М. Інтенсифікація біологічної очистки стічних вод від перевищених концентрацій амонію сольового та фосфатів, використовуючи властивості *Herpobdella octoculata*. Київ: Знання, 2004. 129 с.
11. Гвоздяк, П. І., Сапура О. В., Чехівська Т. П. Біотехнологічне знешкодження гексаметилендіамінвмісних промислових токсичних відходів у

ставку-накопичувачі. Київ: Вісник Національного університету водного господарства та природокористування, 2015. 100 с.

12. Щетинин, А. И., Мешенгиссер Ю. М., Есин М. А., Малбиев Б. Ю., Реготун А. А. Опыт реконструкции очисных сооружений с применением технологии нитро-денитрификации. Київ: Знання, 2011. 200 с.

13. Гвоздяк П. І. Біохімія води як наукове підґрунтя біотехнології води. Харків: ІПП «Контраст», 2012. 143 с.

14. Саблій, Л. А., Кузьминський Є. В., Жукова В. С., Козар М. Ю. Нові технології біологічного очищення господарсько-побутових і виробничих стічних вод. Київ: Техніка, 2014. 130 с.

15. Бляшина, М. В., Саблій Л. А. Анаеробне очищення стічних вод на першій стадії біологічної очистки. Київ: НТУУ «КПІ», 2011. 152 с.

16. Саблій Л. А. Багатоступенева анаеробно-аеробне очищення висококонцентрованих стічних вод. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування, 2009. № 117 С. 19 – 22.

17. Сафоник А. П., Таргоній І. М. Комп'ютерне моделювання процесу аеробного очищення стічних вод. Київ: Знання, 2016. 93 с.

18. Козачек А. В., Авдашин И. М., Лузгачев В. А. Исследование математической модели процесса аэробной очистки сточных вод как стадия оценки качества окружающей водной среды. Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2014. №19, С. 21 – 22.

19. Шатохіна Ю. В. Потенційні небезпеки у водопостачанні та водовідведенні. Вісник Київського національного університету технологій та дизайну, 2013. № 2. С. 140 – 143.

20. Інструкція "КНД 211.2.3.063-98 Метрологічне забезпечення. Відбір проб промислових викидів". Київ, 2005. № 12. С. 60.

21. Іванова, І. М. Вплив промислових відходів на екологічну ситуацію Чернігівщини. Вісник «Екологія і ресурси», 2005. № 12. С. 45 – 48.

22. Ротмистров М.Н., Рой А. А., Гвоздяк П. И. Штамм *Bacillus subtilis* 21/3 для очистки сточных вод от гексаметилендиамина. Москва: Техника и наука, 1976. 120 с.
23. DS/EN 12255-6:2001. Wastewater treatment plants. Part 6: Activated sludge process. Dansk: Standard, 2001. 150 p.
24. Гвоздяк П. И. Постійний технологічний регламент дільниці нейтралізації і очищення промислових стічних вод, установка для спалювання вод що містять ГМД. Чернігів: Юніверс, 2002. 18 с.
25. Дмитренко Г.Н. Биотехнология очистки высококонцентрированных сточных вод от органических растворителей. Чернигов: Химия и технология воды, 2002. 190 с.
26. Щетини, А. И. Опыт реконструкции очисних сооружений с применением технологии нитро-денитрификации. Киев: Знание, 2001. 166 с.
27. ПАТ «Чернігівське Хімволокно» Загальна інформація про підприємство: веб-сайт. URI: <http://www.him.com.ua>. (дата звернення 11.12.2018).
28. Кліменко М. О., Прищеп А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля: Підручник. Київ: «Академія», 2006. С. 360- 362.
29. Екологія підприємництва. Поводження з небезпечними відходами на підприємстві: веб-сайт. URI: <http://ecolog-ua.com/content/povodzhennya-z-nebezpechnimi-vidhodami-na-pidpriiemstvi> (дата звернення 10.10.2018).
30. Екологічна допомога. Дослідження екологічного стану техногенного навантаження на навколишнє природне середовище підприємством "Чернігівське Хімволокно": веб-сайт. URI: <http://refer.in.ua/major/233/50312/> (дата звернення 01.11.2018).
31. Резников В. А. Химия азотсодержащих органических соединений: Учебное Пособие. Новосибирск: Наука, 2006. 228 с.
32. ДСТУ ISO 14004:2006 Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо принципів, систем та засобів забезпечення (ISO 14004:2004, IDT) . –Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2006. 37 с.

33. Пушкін С. П., Шаповал Ю. А. Методи очищення стічних вод від гексаметилендіаміну з метою забезпечення безпеки праці. Інформаційний бюлетень з охорони праці. Київ: ННДІПБОП, 2012. С. 19.

34. Постійний технологічний регламент дільниці нейтралізації і очищення промислових стічних вод, установка для спалювання вод що містять ГМД. - Чернігів, 2002. С. 18.

35. Базовые нормативы платы за загрязнение окружающей природной среды Украины от 16.04.1995, №35. – Мінохор НПС України.

36. Верховна рада України. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки: веб-сайт. URI: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/956-2002-%D0%BF> (дата звернення 21.11.2018).

37. Постанова КМУ від 20.06.1995 № 440 "Про затвердження Порядку одержання дозволу на виробництво, зберігання, транспортування, використання, захоронення, знищення та утилізацію отруйних речовин, у тому числі продуктів біотехнології та інших біологічних агентів"

38. Кульпінов С. К. Заходи безпеки при аварії на хімічно небезпечному об'єкті. Москва: Наука, 2001. 178 с.

39. Опис корисної моделі до патенту № 74992: веб-сайт. URI: <http://base.uipv.org/searchINV/search.php> (дата звернення 12.11.2018)

40. Жизнь растений. Энциклопедия в шести томах. Том 1. Введение. Бактерии и актиномицеты. Под редакцией Уранова А. А. Москва: Наука, 1974 149 с.

41. Андрусенко, М. Я., Бильмес Б. И. Об окислении углеводов различными физиологическими группами углеводородокисляющих микроорганизмов. Ташкент: Основа, 1967. 82 с.

42. Аэробные спорообразующие бактерии. Род бациллус (Bacillus): веб-сайт. URI: <http://molbiol.ru/wiki> (дата звернення 23.10.2018)

43. Бакулина Л. Ф., Тимофеев И. В., Перминова Н. Г., Полушкина А. Ф., Печоркина Н. И. Пробиотики на основе спорообразующих

микроорганизмов рода *Bacillus* и их использование в ветеринарии. Харьков: Биотехнология, 2001. 92 с.

44. Биологическая роль бактерий: веб-сайт. URI: <http://mikrobio.ho.ua/mikro-text12.html>.

45. Головачева Р. С., Логинова Л. Г., Салихов Т. А., Колесников А. А., Зайцева Г. Н. Новый вид термофильных бацилл – *Bacillus thermocatenulatus* nov. Весник «Микробиология». 1975. № 2. С. 16 – 17.

46. Головачева, Р. С., Орешкин А. Е. Окисление фенола некоторыми штаммами *Bacillus stearothermophilus*. Весник «Микробиология». 1975. №. 3. С. 75 – 78.

47. Плотникова Е. Г., Алтынцева О. В., Кошелева И. А., Пунтус И. Ф., Филонов А. Е., Гаврилов Е. Ю., Демаков В. А., Бактерии - деструкторы полициклических ароматических углеводородов, выделенные из почв и донных отложений района солеразработки. Харьков: Микробиология, 2001. 202 с.

48. Колесниченко А. В. Процессы биodeградации в нефтезагрязненных почвах. Теоретические подходы. Москва: «Промэкобезопасность», 2004. 195 с.

49. Сулова, М. Ю. Распространение и разнообразие спорообразующих бактерий рода *Bacillus* в водных экосистемах. Улан-Удэ: Науковец, 2007. 163 с.

50. Gvozdyak P. I., Roy A. A., Datsenko I. N., Denis A. D., Lyaskovskij A. S., Nikonenko V. U., Verenya N. P. Pilot plant test of microbial method of removing hexamethylen diamine from wastewater. Soviet Journal of Water Chemistry and Technology (Khimiya i Tekhnologiya Vody). 1982. №34. P. 70.

51. Ротмистров М. Н., Рой А. А., Гвоздяк П. И. Штамм *Bacillus subtilis* 121/3 для очистки сточных вод от гексаметилендиамина. Киев: Наука, 1982. 52 с.

52. Гвоздяк П. И., Чеховская Т. П., Даценко И. Н., Никоненко В. У., Денис А. Д., Ляковский А. С. Штамм бактерий *Arthrobacter* species 125, используемый для очистки сточных вод от гексаметилендиамина. Киев: Наука, 1986. 103 с.

53. Даценко И. Н., Гвоздяк П. И., Денис А. Д., Рой А. А. Питательная среда для выращивания дрожжей. Харьков: Техника и наука, 1980. 259 с.
54. Гвоздяк П. И., Загорная Н. Б., Чеховская Т. П., Никоненко В. У., Способ очистки сточных вод от гексаметилендиамина. Львов: Химия, 1988. 157 с.
55. Гвоздяк П. И., Могилевич Н. Ф., Денис А. Д. Способ очистки воды. Научный вестник «Знание». 1990. № 19. С. 34-35.
56. Журба М. Г., Вдовин Ю. И., Говорова Ж. М., Лушкин И. А. Водозаборно– очистные сооружения и устройства. Учебное пособие для студентов вузов. Москва: Астрель, 2003. С. 121-126 .
57. Dmitrenko G. N., Gvozdyak P. I., Selection of microorganism – destructors of heterocyclic xenobiotics. Soviet Journal of Water Chemistry and Technology (Khimiya i Tekhnologiya Vody). 1987. № 7. P. 40 – 41.
58. Гвоздяк П. І. Біоконвеєр: «українська модифікація» технології активованого мулу. «Вісник Водопостачання та водовідведення». 2014. № 3. С. 32 – 34.
59. Gvozdyak P. I., Udilova O. F., Manko N. K. Biological and physical intensification of waste water detoxification in lagoons 5–th International IWA specialist Group Conference on Waste Stabilization Ponds. 2011. P. 15 – 19.
60. Сахаев В.С., Щербицкий Б.В. Справочник по охране окружающей среды. Київ: Будівельник, 1986. 97 с.
61. ДСТУ ISO 14004:2006 Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо принципів, систем та засобів забезпечення (ISO 14004:2004, IDT) . Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ, 2006. С. 36.
62. Постанова КМУ від 20.06.1995 № 440 "Про затвердження Порядку одержання дозволу на виробництво, зберігання, транспортування, використання, захоронення, знищення та утилізацію отруйних речовин, у тому числі продуктів біотехнології та інших біологічних агентів"
63. Гутман Т., Окунькова И., Бакушева Е. Стартап. Настольная книга основателя. Москва: Альпина, 2014. 69 с.

64. Дрейпер У. Стартапы: профессиональные игры Кремниевой долины. Москва: Эксмо, 2012. 168 с.
65. Коэн Д. Стартап в Сети: мастер-классы успешных предпринимателей. Москва: Альпина Паблишер, 2013. 40-42 с.
66. Маллинс Дж. Поиск бизнес-модели: как спасти стартап, вовремя сменив план. Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2012. 130-154 с.
67. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, затвердженими постановою Головного державного санітарного лікаря України від 1 грудня 1999 року № 37, та ГОСТ 12.1.003-83 «Общие требования безопасности».
68. Базовые нормативы платы за загрязнение окружающей природной среды Украины от 16.04.1995. Мінохор НПС України.