

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

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра інженерної екології
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК: 620.92

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Ткачук К.К.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 101 «Екологія», «Інженерна екологія та ресурсозбереження»

на тему: «Обґрунтування ресурсозберігаючої технології утилізації надлишкового мулу на станціях аерації»

Виконала: студентка 2 курсу, групи ОЗ-81мп
(шифр групи)

Житинська Інна Геннадіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник ст. викл., к.т.н. Жукова Н.І.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант стартап-проекту доц., к.т.н. Шевчук Н.А.
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент доц., к.т.н. Праховник Н.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Київ – 2019 року

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

Інститут/факультет Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра Інженерної екології
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 101 Екологія
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Ткачук К.К.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« » _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Житинській Інні Геннадіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Обґрунтування ресурсозберігаючої технології утилізації надлишкового мулу на станціях аерації»,
науковий керівник дисертації Жукова Наталія Іванівна, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від «04» листопада 2019 р. № 3814-с
2. Строк подання студентом дисертації 18 грудня 2019 р.
3. Об'єкт дослідження утилізація збродженого мулу.
4. Предмет дослідження параметри спалювання осаду стічних вод.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити характеристика Бортницької станції аерації та методів очищення стічних вод; огляд досліджень та публікацій щодо методів утилізації осаду стічних вод; характеристика збродженого осаду та методів його утилізації; еколого-економічне обґрунтування доцільності реалізації запропонованих рішень; розробка стартап-проекту.
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу ситуаційний план Бортницької станції аерації; графік залежностей концентрації важких металів у воді від часу фільтрації; схема спалювання осаду стічних вод.
7. Орієнтовний перелік публікацій стаття у збірнику матеріалів II Науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Репін Микола Володимирович		
Стартап-проект	Шевчук Наталія Анатоліївна		

9. Дата видачі завдання: «02» вересня 2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Характеристика Бортницької станції аерації та застосовуваних методів очищення стічних вод	02.09.2019 – 24.09.2019	виконано
2	Огляд досліджень та публікацій щодо методів утилізації осаду стічних вод	24.09.2019 – 03.10.2019	виконано
3	Характеристика збродженого осаду та методів його утилізації	03.10.2019 – 15.10.2019	виконано
4	Характеристика процесу спалювання осаду стічних вод. Аналіз використання осаду в якості добрив	15.10.2019 – 10.11.2019	виконано
5	Еколого-економічне обґрунтування доцільності впровадження запропонованих рішень	10.11.2019 – 22.11.2019	виконано
6	Розробка стартап-проекту	22.11.2019 – 08.12.2019	виконано

Студент

_____ (підпис)

Житинська І.Г.

(прізвище, ініціали)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

Жукова Н.І.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація включає: 101 ст., 4 розділи, 8 рис., _табл., перелік посилань на _ використані джерела.

Актуальність теми. Проблема відходів людської життєдіяльності не втрачає своєї актуальності. Для великих міст однією з головних проблем залишається обробка і утилізація осадів, що утворюються після біологічної очистки каналізаційних стоків. Сьогодні близько 97% населення і 100% підприємств м. Києва підключені до центральної системи водовідведення. З метою забезпечення безпеки систем біологічного очищення якісні характеристики стоків промислових підприємств суворо регламентовані Правилами скидання промислових стоків у міську каналізаційну мережу. Не зважаючи на це, в стоках та осаді, який утворюється після очищення, постійно виявляється перевищення допустимих концентрацій шкідливих речовин.

Осади містять в своєму складі майже всі хімічні елементи періодичної таблиці, при чому їх кількісний вміст постійно змінюється. Через перевищений вміст солей важких металів осади перестали використовувати в сільському господарстві і після того почалось безперервне їх накопичення на мулових майданчиках. Нині майданчики переповнені і вже не справляються з своїми задачами, а вільних земельних ділянок на будівництво нових майданчиків немає. Виникає потреба пошуку нових методів утилізації, які дозволять за короткі терміни знешкодити накопичені обсяги осаду.

Метою дослідження є обґрунтування найбільш доцільного методу утилізації осаду.

Об'єктом дослідження є утилізація зброденого мулу.

Предметом дослідження є параметри спалювання осаду стічних вод.

Задачі дослідження

- проаналізувати дослідження та публікації, що стосуються утилізації осадів;

- виконати аналіз технологічного процесу роботи Бортницької станції аерації;
- провести аналіз складу збродженого осаду та методів його утилізації;
- розглянути вплив мулових полів на забруднення підземних вод;
- обґрунтувати доцільність методу спалювання осаду;
- розробити стартап-проект «Впровадження ресурсозберігаючої технології утилізації надлишкового мулу на станціях аерації».

Методи дослідження: системний аналіз науково-технічної літератури; метод математичного моделювання та прогнозування; графіко-аналітичний аналіз.

Наукова цінність встановлено залежність концентрації важких металів у воді від часу фільтрації; запропоновано та обґрунтовано новий спосіб утилізації збродженого осаду.

Практична значимість полягає в розробленій технології спалювання осаду стічних вод. Проведений аналіз технологічного процесу та економічних показників роботи установки; проаналізовано ефективність її роботи.

Отримані результати дослідження необхідно враховувати при виборі методу утилізації збродженого осаду на станціях аерації.

За результатами дисертації опублікована стаття у збірнику матеріалів II Науково-технічної конференції магістрантів ІЕЕ.

Ключові слова: ЗБРОДЖЕНИЙ ОСАД, ІОНИ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ, СПАЛЮВАННЯ ОСАДУ, БОРТНИЦЬКА СТАНЦІЯ АЕРАЦІЇ.

ABSTRACT

The master's thesis includes: _st., 4 sections, _figures, _tables., A list of references to _ used sources.

Actuality of theme. The problem of waste of human life does not lose its relevance. For large cities, one of the major problems remains the treatment and disposal of sediment formed after biological sewage treatment. Today, about 97% of the population and 100% of Kyiv's enterprises are connected to the central drainage system. In order to ensure the safety of biological treatment systems, the quality characteristics of industrial wastewater runoff are strictly regulated by the Rules for Discharging Industrial Wastewater into the Urban Sewerage Network. In spite of this, the permissible concentrations of harmful substances are constantly detected in the drains and sediment formed after cleaning. Sediments contain almost all the chemical elements of the periodic table, and their quantitative content is constantly changing. Due to the excess content of heavy metal salts, sediments ceased to be used in agriculture and after that their continuous accumulation on sludge sites began. Nowadays the sites are overcrowded and are no longer able to cope with their tasks, and there are no vacant land plots for the construction of new sites. There is a need to look for new disposal methods that will help to clear the accumulated sediment volumes in a short time.

The purpose of the study is to substantiate the most appropriate method of sludge disposal.

The object of the study is the disposal of fermented sludge.

The subject of the study is the parameters of incineration of sewage sludge.

Research objectives

- to analyze studies and publications concerning the disposal of sludge;
- to carry out an analysis of the technological process of the Bortnitskaya aeration station;
- to analyze the composition of fermented sludge and methods of its disposal;
- consider the impact of silt fields on groundwater pollution;

- to substantiate the feasibility of the method of burning sludge;
- to develop a start-up project "Implementation of resource-saving technology for the disposal of excess sludge at aeration stations.

Research methods: systematic analysis of scientific and technical literature; method of mathematical modeling and prediction; graphical-analytical analysis.

The scientific value is the dependence of the concentration of heavy metals in water on the filtration time; a new method of disposal of fermented sludge is proposed and substantiated.

Practical importance lies in the developed technology of incineration of sewage sludge. The analysis of the technological process and economic performance of the installation; efficiency of its work is analyzed.

The results of the study should be considered when choosing the method of disposal of fermented sludge at aeration stations.

According to the results of the dissertation, an article was published in the collection of materials of the II Scientific and Technical Conference of IEE undergraduates.

Key words: fermented sediment, heavy metal ions, sediment combustion, fighter station of aeration.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП.....	11
1 Загальна характеристика Бортницької станції аерації	15
1.1 Характеристика цеху обробки осадів.....	17
1.2 Характеристика методів очищення стічних вод, які застосовуються на Бортницькій станції аерації	19
1.3 Характеристика осаду станції аерації	23
Висновки до розділу 1.....	24
2 Характеристика збродженого осаду та методи його утилізації.....	26
2.1 Аналіз складу збродженого осаду	26
2.1.1 Характеристика збродженого осаду	26
2.1.2 Характеристика осаду з мулових полів.....	30
2.2 Характеристика мулових полів	30
2.3 Моделювання процесів міграції важких металів у підземні води	32
2.3.1 Диференціальне рівняння перенесення забруднення у фільтраційному потоці	32
2.3.2 Розрахунок моделі фільтрації важких металів в підземні води	38
2.4 Методи утилізації збродженого осаду	40
2.4.1.1 Зневоднення осаду.....	49
2.4.2 Використання осаду в якості добрива	60
Висновки до розділу 2.....	65
3 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ	67
3.1 Розрахунок капіталовкладень на введення в технологічний процес нових елементів утилізації осадів стічних вод	67
3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на утилізацію збродженого осаду за запропонованою технологією.....	73
4 СТАРТАП-ПРОЕКТ «ВПРОВАДЖЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ НАДЛИШКОВОГО МУЛУ НА СТАНЦІЯХ АЕРАЦІЇ»	77
4.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту.....	77

4.2 Обґрунтування актуальності та новизни інноваційної ідеї стартап-проекту	78
4.3 Аналіз конкурентного середовища.....	79
4.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту	80
4.5 Ключові види діяльності та ключові партнери.....	81
ТОВ ГЕФЕСТ	81
4.6 Фінансове обґрунтування стартап-проекту	82
4.6.1 Прямі матеріальні затрати.....	83
4.6.2 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту.....	84
4.7 Обґрунтування рівня рентабельності товару	84
4.8 Цільові групи потенційних споживачів	85
4.9 Канали збуту	87
4.10 Бізнес-модель проекту	88
4.11 Аналіз ризиків стартап-проекту	89
Висновки до розділу 4:	96
ВИСНОВКИ	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	98

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ**

БСА – Бортницька станція аерації

ГДК – гранично допустима концентрація

ОСВ – осад стічних вод

ПАТ – публічне акціонерне товариство

ВСТУП

Сьогодні актуальною є проблема утилізації осадів, що утворюються після очищення стоків на очисних спорудах великих міст. Затримані на міських очисних спорудах осади містять в своєму складі практично всі відомі хімічні елементи. Значну частину (60-70%) твердої фази утворених осадів становить органіка [1].

Застосування фізичних, хімічних, біологічних та інших методів обробки осадів дозволяє одержати з них різні продукти для використання в тій або іншій галузі промисловості. Проте більшість рекомендацій по використанню осадів підходять лише для їх переробки в малих об'ємах, і засновані вони на складних технологіях і виробництвах, вимагають значної кількості реагентів, значних фінансових вкладень і рішення вторинних екологічних проблем (утилізація вторинних продуктів переробки осадів та інше).

Осади стічних вод застосовують в якості горючої добавки при виробництві будівельних матеріалів, таких як цегла, керамзит, тощо. При виробництві бетонів і в дорожньому будівництві можна використовувати золу від спалювання осадів [2].

В Європі більш ніж 20 років займаються пошуком практичного рішення даної проблеми. Найпоширенішим методом утилізації осаду стоків є використання в якості добрива. Що складає від 10% в Греції, до 58% у Франції, складаючи в середньому 36,5% від загальної кількості осадів стічних вод. Не дивлячись на популяризацію цього виду утилізації відходів, він втрачає привабливість, оскільки фермери побоюються накопичення на полях шкідливих речовин. В даний час у ряді країн використання відходів в сільському господарстві заборонено, наприклад, в Голландії з 1995 р. через токсичність, великий вміст важких металів та інших шкідливих речовин [3].

Метою дослідження є обґрунтування найбільш доцільного методу утилізації осаду.

Об'єктом дослідження є утилізація зброженого мулу.

Предметом дослідження є параметри спалювання осаду стічних вод.

Задачі дослідження:

- проаналізувати дослідження та публікації, що стосуються утилізації осадів;
- виконати аналіз технологічного процесу роботи Бортницької станції аерації;
- провести аналіз складу зброженого осаду та методів його утилізації;
- розглянути вплив мулових полів на забруднення підземних вод;
- обґрунтувати доцільність методу спалювання осаду;
- розробити стартап-проект «Впровадження ресурсозберігаючої технології утилізації надлишкового мулу на станціях аерації».

Проведений аналіз по темі дипломного проекту: розглянута технологія утилізації осадів стічних вод та можливість виробництва електричної та теплової енергії.

Виконано розрахунок щорічних затрат на роботу цеху обробки осаду, а також розрахунок капіталовкладень на нововведення та визначено еколого-економічний ефект.

Процес очищення комунально-побутових та промислових стоків супроводжується утворенням значної кількості зброженого мулу, який підприємства аерації вивозять на мулові поля. Зберігання надлишкового мулу на мулових полях призводить до забруднення підземних вод іонами важких металів, забруднення атмосферного повітря шкідливими випаровуваннями з мулових полів. Крім того необхідні значні площі під мулові поля, що в межах міста досить складно.

Тому утилізація зброженого мулу є актуальною проблемою.

В роботі [4] розглянуто використання осадів стічних вод для виготовлення кормових добавок для тварин. Однак стоки БСА містять іони важких металів, що робить неможливим їх використання.

В роботі [5] теоретично й експериментально обґрунтовано новий екологічно безпечний спосіб використання лежалих осадів стічних вод у господарський обіг, що включає етап їх підготовки до необхідних параметрів наповнювача асфальтобетону з подальшою його утилізацією в дорожньо-будівельній галузі. Встановлено, що сухий порошкоподібний багатокомпонентний матеріал на основі осадів стічних вод (ОСВ) аналогічний за своїми фізико-механічними властивостями однокомпонентному доломітовому мінеральному порошку. Показано можливість використання сухого порошкоподібного багатокомпонентного матеріалу як заміника однокомпонентного доломітового мінерального порошку в асфальтобетонних сумішах. Виявлено, що в системі "бітум - ОСВ" осад стічних вод покращує адгезійні властивості бітуму до поверхні мінеральних частинок, а важкі метали з полівалентними катіонами утворюють з органічними речовинами ОСВ стійкі хелатніз'єднання, що сприяє поліпшенню фізико-механічних характеристик асфальтобетону та перетворює його на екологічно безпечний матеріал. Розроблено нові склади асфальтобетонних сумішей з оптимальним вмістом у них 6 - 8 % наповнювача з ОСВ. Однак попередньо необхідно вилучати з осаду іони важких металів.

У роботі [6] одержані результати дослідження забезпечать ресурсо- й енергозбереження виготовлення й експлуатації стінових виробів з покращеними показниками фізико-механічних властивостей. Осади стічних вод (ОСВ), які вміщують легкоплавкі речовини й оксиди металів, а також колоїдні частинки, сприяють, у разі випалу, утворенню первинного розплаву, який ініціює взаємодію та спікання глинистих частинок за температур, нижчих на 100 - 120 °С, ніж без домішок ОСВ і з утворенням більш міцних мінералів. Встановлено функціональні залежності фізико-механічних властивостей від кількості ОСВ в дво- і в трикомпонентних сировинних сумішах. В результаті проведених досліджень одержані пористоповнотілі стінові вироби марок 125 та морозостійкістю 35-ти циклів, пористопорожнинні вироби марок 150 та морозостійкістю 50-ти циклів. Використання ОСВ в енергозберігальних

технологіях сприятиме повній утилізації відходів, звільненню міських земель і покращенню екологічних умов регіонів України. Однак згідно СНіП їх використання обмежується вмістом органічних речовин та іонів важких металів.

Автором в роботі [7] описано види та властивості осади, утворених у разі очищення стічних вод. Розглянуто методи, устаткування та технологічні схеми, які можуть бути застосовані для переробки осади. Проаналізовано можливості утилізації осади і отримання біогазу. Наведено класифікацію джерел водопостачання за характером осадоутворення. Увагу приділено властивостям і методам переробки осади водопровідних очисних споруд. Рекомендовано виготовлення брикетів з осади, що також вимагає попереднє очищення від іонів важких металів, що значно підвищить вартість брикетів.

У [8] уадано концепцію комплексної термічної утилізації осади стічних вод і вугільних шламів. На підставі дослідження створено гранульоване альтернативне паливо. Співспалювання альтернативного палива на основі осади стічних вод сприяє зниженню використання природних видів палива у цементній промисловості та надає змогу зменшити кількість неутілізованих відходів. Однак в роботі не враховано очищення видиханих газів від продуктів спалювання, а особливо від діоксину сірки.

В роботі [9] розглядається компостування господарсько-побутових осади стічних вод. Проведені лабораторні і дослідно-промислові дослідження, встановлено оптимальні параметри компостування, що дозволяють за мінімальні терміни знешкодувати біорозпадні відходи й одержати органічне добриво. Метод аеробного компостування біорозпадної фракції твердих побутових відходів і господарсько-побутових осади стічних вод не може бути рекомендований без попереднього очищення від іонів важких металів.

Таким чином не вирішена проблема утилізації зброженого осади.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БОРТНИЦЬКОЇ СТАНЦІЇ АЕРАЦІЇ

Бортницька станція аерації (БСА) очищує комунально-побутові та промислові стоки м. Києва, прилеглих міст і селищ та знаходиться в підпорядкуванні ВАТ АК «Київводоканал». Щодоби на БСА надходить більше 1 млн. м³ побутових та промислових стоків, при максимальній проектній потужності станції 1,8 млн м³. Очисні споруди розташовані на лівому березі р. Дніпро, південно-східної частини м. Києва.

Підприємство межує [2]: з півночі - вул. Колекторна, озеро Вирлиця, житловий масив "Харківський", АЕК "Київенерго" Завод "Енергія", ДП "Автомаз-Україна", ТОВ "ВО "Контактор", ТОВ "Порше - Україна", виробнича база ВАТ "Фундамент", ЗАТ «Вторресурси №3», ВАТ "КМЛ"Текстемп", ВСАУ "Автостоянка №6", ТОВ "Ярослав-авто", САТП "Укрліфт", ТОВ "ШБУ-27 "Київшляхбуд1", ВНО "Темп", ВАТ "Трант", завод "Радіовимірювач", ЗАТ "Автобаза №1", СРБУ "Київліфт-2", ВАТ "Інжиніринг", ТОВ "Австрал", філія кабельні мережі "Київенерго", ДП НДКТ інститут міського господарства, ПС №1 "БРПС" АЕК "Київенерго", зі сходу - вул. Автопаркова, житлова забудова селища Бортничі, академія управління МВС України, ВАТ "АІТ", ВАТ "Київмедрембуд", КБМУ "Укрмонтажлегмаш", ВАТ "Фірма"Фундамент", УКБВАТ "АК" Київводоканал", технічний департамент ВАТ "АК" Київводоканал", ТОВ "Промхім-технологія", ЗАТ "Фірма "Укргідроспецбуд", ВАТ "Трест Київпідземшляхбуд-2", АТЗТ "Науково-реставраційне ПБВ АТ "Україна-реставрація", ДКРБУ № 2, СТОВ "Требухівське", ПС "Лугова" АЕК "Київенерго", з півдня - житлова забудова селища Бортничі, пустир, міські землі, не надані у власність чи користування, ДП "Київенергопідряд" АТ "Київенергобуд", з заходу - урочище Березівка, озеро Тягле та Небреж, міські землі, не надані у власність чи користування, приватне підприємство "Альтернатива", ТОВ "Фрост-Альфа".

На рис.1.1 зображено план станції аерації та схему подачі стічної води на БСА.

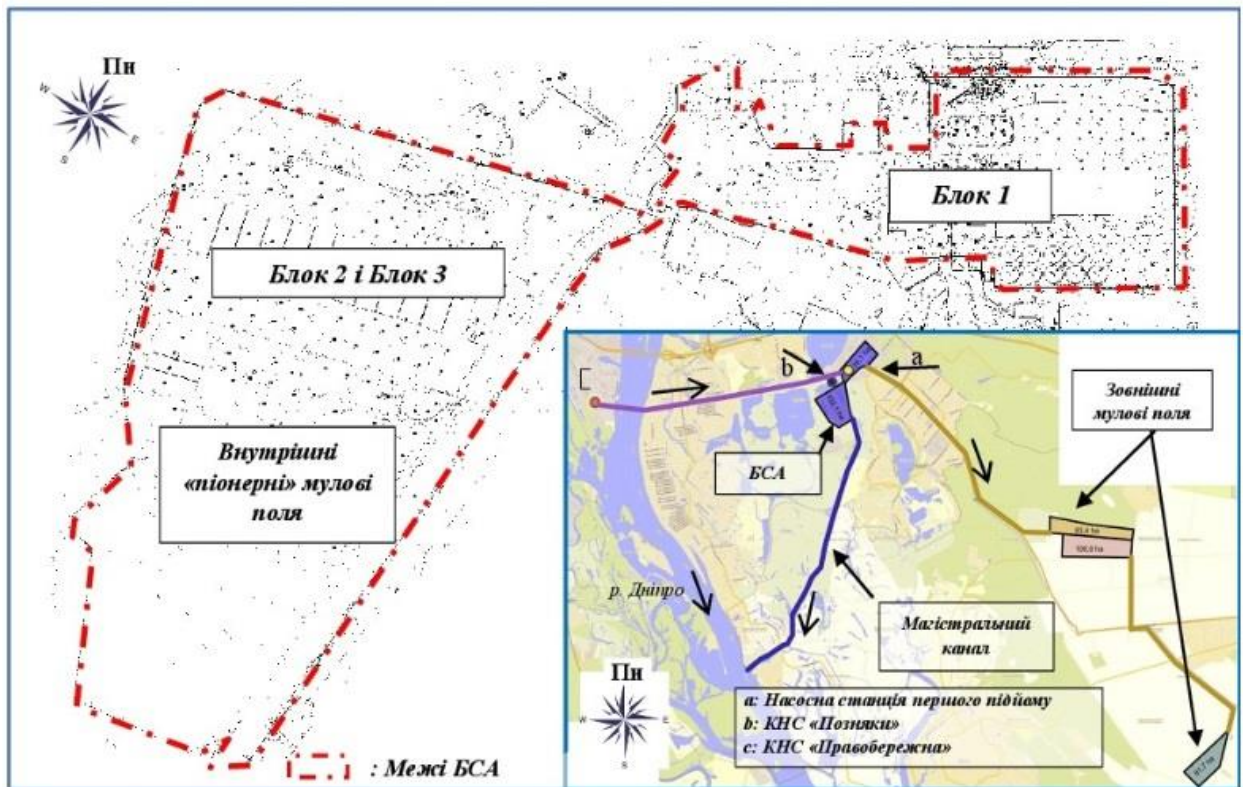


Рисунок 1.1– План-схема БСА

Станцію запущено в 60-ті роки, будівництво останньої черги завершено в 1992 році. Загальна площа відведених земельних ділянок під об'єкти Бортницької станції становить 429,85 га. Площа самої станції аерації складає 140,3 га. Мулові поля займають площу 272 гектари [1]. Мулові поля № 1 площею 54,95 га складаються з двох частин: I – площею 27,4 га (природне підґрунтя) та II – площею 27,5 га (асфальтова основа) і знаходяться на північному заході від села Гнідин, обмежені з південного боку урочищем Бугайова долина. Мулові поля № 2 загальною площею 65,0 га знаходяться на північний захід від села Ревне, з північного боку обмежені територією, прилеглою до автодороги на село Матусівка. Мулові поля № 3 (додаткові) площею 80,85 га примикають з північного боку до попередніх мулових [2].

До першого блоку БСА надходять стічні води по напірно-самопливному колектору та самопливному Ново-Дарницькому. Правобережною насосною

станцією та насосною станцією «Позняки» стічні води подаються на другий та третій блоки. Проектна потужність кожного блоку становить 600 тис. м³/добу.

Чинна структура виробництва на БСА [3] складається з:

- насосної станції першого підйому;
- КНС "Позняки";
- цеху блоку очисних споруд №1 ;
- цеху блоку очисних споруд №2 ;
- Ново-Бортницької станції аерації (блок очисних споруд №3);
- цеху обробки осадів;
- цеху аеробної стабілізації осадів;
- цеху природної сушки мулового господарства;
- діляниці обслуговування колекторів;
- хіміко-бактеріологічної лабораторії;
- цеху котелень та теплових мереж (склад мазуту);
- цеху технічного обслуговування енергетичного устаткування;
- цеху з ремонту і технічного обслуговування будівель і споруд (ділянка РБД);
- цеху озеленення та благоустрою.

1.1 Характеристика цеху обробки осадів

Цех обробки осадів складається з наступних споруд:

1. Метантенки залізобетонні (8шт).

Метантенки № 1, 2, 3, 4 – монолітні, метантенки № 5, 6, 7, 8 – виготовлені з окремих панелей. В метантенках проходить дві фази термофільного процесу зброджування (температура зброджування 53⁰С), в результаті чого розкладається до 60% органічних речовин. Зброджений осад, що утворився в метантенках перекачується на мулові майданчики.

2. Камери управління метантенками (2шт).

3. Газові камери (2шт).

Вони слугують для накопичення газу утвореного в метантенках та подачі його до газгольдерів та котельню.

4. Газгольдери з камерами газового вводу (2шт).

Дані споруди зберігають отриманий газ та забезпечують незмінний тиск в трубопроводі.

5. Мулові насосні станції.

Їх призначення – забезпечення процесу перекачування сирих осадів до метантенків та відкачування вже безпосередньо збродженого осаду на мулові поля. Більш детальна характеристика споруд цеху обробки осадів наведена в табл.

1.1.

Таблиця 1.1 – Специфікація споруд цеху обробки осадів

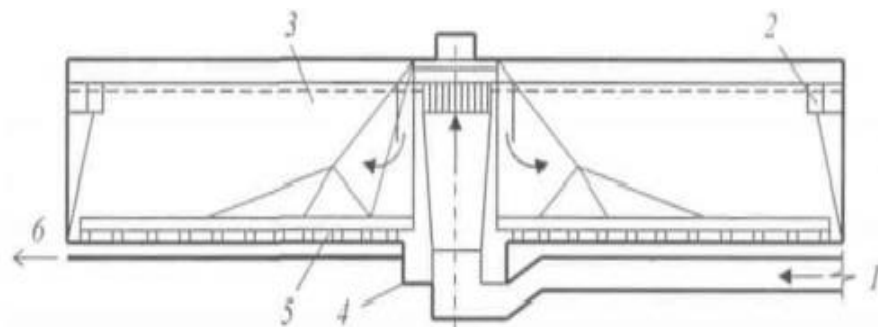
№ п/п	Найменування споруди	Кількість, шт.	За номерами	Основні розміри та характеристика споруди
1.	Метантенки	8	№№ 1-8	Залізобетонні, об'єм – 5200 м ³ , діаметр – 23 м, висота – 20 м із сферичним куполом
2.	Камери управління	2	№№ 1, 2	Діаметр – 9 м, висота – 24 м.
3.	Поворотний павільйон	1	-	Розміри в плані 4,5×6,5 м, висота – 7 м.
4.	Газові камери	2	№№ 1, 2	Цегляні, розміри в плані – 4,5×6,3
5.	Резервуари збродженого осаду	2+2	-	Залізобетонні, 2 шт. – (один з них в ремонті) об'єм – 150 м ³ , діаметр – 8 м, висота – 3 м. 2 шт. – (після капремонту) об'єм – 200 м ³ , діаметр – 8 м, висота – 4 м.
6.	Газгольдери	2	-	Металеві, об'єм – 3000 м ³ , діаметр – 21м, висота – 12 м.
7.	Камери газового вводу	2	-	Розмір в плані 6×6 м, висота – 6,7 м.
8.	Мулові насосні станції	3	№№ 3, 3а, 4	-

1.2 Характеристика методів очищення стічних вод, які застосовуються на Бортницькій станції аерації

Очищення стічних вод міста Києва відбувається за схемою, яка включає наступні стадії – механічну та біологічну [6].

Механічне очищення передбачає відокремлення грубого сміття, важких мінеральних забруднень, жирів, нерозчинних органічних домішок, мінеральних завислих речовин. Стічна вода за допомогою насоса переміщується до приймальної камери пісколовок. Для регулювання навантаження та попередження аварійних ситуацій в камері пісколовок встановлено щитові затвори [7]. Розмір кожної секції пісколовок становить 20×5×1,9 м. Пісок видаляється скребковим механізмом та переміщується до бункера на початку секцій. Два рази на добу пісок видаляється з бункера гідроелеватором. Пісок вивозиться на піскові площадки.

Через водовимірювальний лоток, очищена від піскової пульпи вода поступає до первинних радіальних відстійників (рис. 1.2), для подальшого видалення нерозчинних грубодисперсних речовин у завислому та плаваючому станах [8].



1 – подача стічної води; 2 – збірний лоток; 3 – відстійна зона; 4 – муловий прямок; 5 – скребковий механізм; 6 – видалення осаду

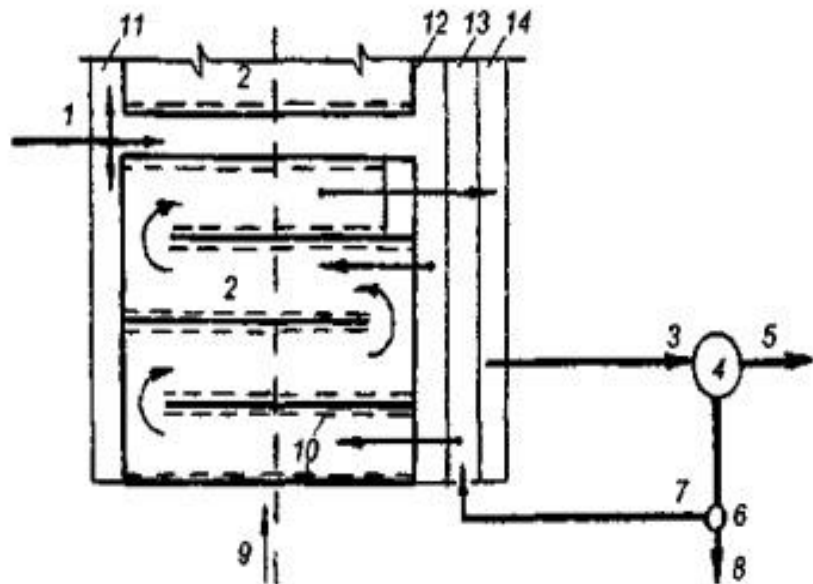
Рисунок 1.2 – Радіальний первинний відстійник

Відстійники скомпоновані в три групи по 4 відстійника та одна група з 2-х відстійників. В центрі кожної групи розташована насосна станція, в якій встановлено насоси для відкачування сирого осаду на метантенки.

Після первинних відстійників стічні води надходять у блок біологічного очищення, який складається з аеротенків і вторинних відстійників. Біологічне очищення передбачає застосування активного мулу для біологічного окислення органічних речовин.

Аеротенки представляють собою залізобетонні резервуари довжиною 120 м з глибиною води 5 м, поділені на 4 коридори, шириною 12 м кожен.

Загальна будова та принцип роботи аеротенку наведені на рис. 1.3 [4].



1 – стічна вода після первинних відстійників; 2 – коридори аерації; 3 – мулова суміш з аеротенків; 4 – вторинний відстійник; 5 – очищена вода; 6 – мулова камера; 7,8 – циркуляційний і надлишковий мул, відповідно; 9 – повітря від повітродувок; 10 – аераційна система для розподілу повітря в аеротенку; 11 – верхній розподільний канал; 12 – нижній розподільний канал; 13 – канал активного мулу; 14 – канал відведення суміші стічних вод і активного мулу до вторинних відстійників

Рисунок 1.3 – Схема роботи аеротенку

Нагнітачами з повітродувної станції в аеротенки подається повітря, що забезпечує насичення киснем стічної води, перемішування активного мулу та стічної води, що призводить до росту біомаси активного мулу.

За аеротенками слідує вторинні відстійники, які забезпечують відділення та ущільнення мулового осаду. Вторинні відстійники це круглі резервуари діаметром 40м, які мають посередині перегородку, що рухається. З аеротенків на вторинні відстійники подаються стоки з відпрацьованим мулом, де відбувається відокремлення відпрацьованого мулу від води. Від первинних відстійників вторинні за будовою не відрізняються.

Очищена вода з вторинних відстійників відводиться у відповідний канал, а мул видаляється мулососами до насосної станції аеротенків. З насосної станції аеротенків третина відпрацьованого мулу повертається до першого коридору аеротенків, а решта направляється на метантенки для зброджування. Осад зброджується за анаеробних умов протягом 7 днів при термофільному режимі (53°C) в метантенках, після чого вже зброджений осад зневоднюють та перекачують на мулові майданчики.

Метантенки – це герметичні вертикальні резервуари з конічним або плоским дном, виготовлені із залізобетону або сталі (рис.1.3). Основна частина метантенка знаходиться під землею, для забезпечення теплоізоляції. Перемішування осаду в метантенках здійснюють впродовж 2–5 год./добу. В метантенках проходить процес стабілізації та санітарного знезараження осаду.

Процес зброджування можна розглядати в двох фазах [4]. Перша фаза – "кисле" або "водневе" бродіння. В цій фазі з вуглеводів, жирів та білків утворюється значна кількість жирних кислот і водню, вуглекислота, спирти, амінокислоти тощо. Першу фазу зброджування здійснюють анаеробні бактерії типу дріжджі, маслянокислі бактерії та т. ін.

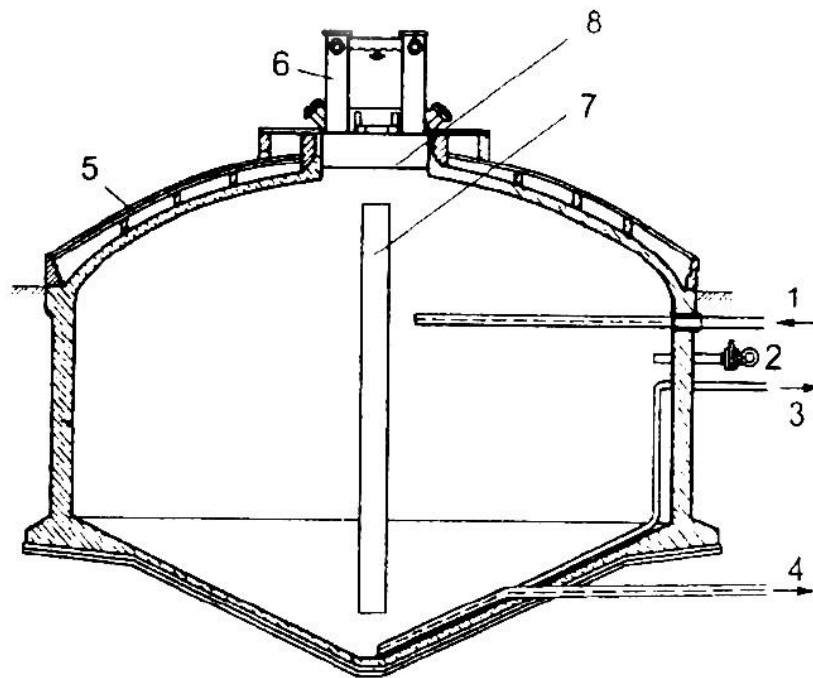
Друга фаза – "лугове" чи "метанове" бродіння. Воно здійснюється анаеробами – бактеріями, які здатні розкладати CO₂ без сонячної енергії і хлорофілу. Кінцевими продуктами розпаду вуглеводів і жирів є вуглекислота

і метан. При розпаді білків частина розкладених продуктів переходить в газ, а друга частина зв'язується з іншими компонентами і залишається в розчині.

В метантенках розкладається до 60 % органічних речовин. Вихідними продуктами зброджування в метантенках є зброджений осад та біогаз (до 75% метану).

Зброджений осад відкачуються на механічне зневоднення, а потім на мулові поля.

Перемішування в метантенках здійснюється за рахунок біогазу, що виділяється. Для збору біогазу у верхній частині метантенка є горловина і газовий ковпак з двома газовими колонками. Утворений біогаз безперервно через газові колонки відводиться в газовий кіоск, а потім – в газопровід і до газгольдера.



1 – подача осаду; 2 – паровий інжектор; 3 – випуск збродженого осаду; 4 – спорожнення метантенка; 5 – теплоізоляція; 6 – система збору та відводу газу; 7 – циркуляційна труба; 8 – рівень осаду

Рисунок 1.3 – Метантенк

1.3 Характеристика осаду станції аерації

Відходами, що залишаються після очищення комунально-побутових та промислових стоків на станції аерації є:

1. Грубе сміття (затримане на решітках).

Затримане решітками грубе сміття (гілки дерев, скло, тушки тварин) збирається та утилізується на сміттєспалювальному заводі «Енергія».

2. Пісок (з пісколовок).

Пісок з пісколовок переміщують на піскові площадки, де він підсушується і стає придатним для подальшого використання.

3. Осад з первинних відстійників.

Все, що відділилось від стічної води в первинних відстійниках, тобто сирий осад, направляється в метантенки для розкладу на прості речовини. Сирий осад характеризується високим вмістом органічної частки до 70% і швидко загниває.

4. Активний мул (з аеротенків).

Активний мул представляє собою складний гідробіоценоз, що складається з комплексу мікроорганізмів, бактерій, грибів, дріжджів та т.ін. В аеротенках активний мул нарощує свою біомасу, після чого відокремлюється від рідини. Третя частина активного мулу направляється до аеротенку, а решта – надлишковий мул – на зброджування в метантенках.

5. Зброджений мул.

До метантенків для зброджування подається осад з первинних відстійників та надлишковий мул з аеротенків (табл.1.2). Після зброджування отриманий осад зневоднюють та відкачують насосами на мулові майданчики.

Таблиця 1.2 – Характеристика та кількість осаду, що подається на зброджування у метантенки

Місяць	Кількість осаду фактичної вологості, м ³	Вологість осаду, %	Кількість осаду за сухими речовинами, т.	Зольність осаду, %	Гігроскопічна вологість, %	Кількість осаду за беззольними речовинами, т.	Температура, °С
січень	50700	96,5	1774,5	23,6	4,5	1294,7	17,6
лютий	41925	96,3	1551,2	22,7	4,9	1140,3	17,8
березень	42165	95,9	1728,7	24,1	4,0	1260,0	17,6
квітень	40850	96,6	1389,0	23,1	6,2	1003,1	18,1
травень	40845	97,2	1143,6	22,5	6,2	831,3	20,6
червень	40410	96,9	1252,7	24,8	5,6	889,3	21,8
липень	47040	97,3	1270,0	28,2	7,0	848,1	22,8
серпень	45640	97,3	1232,3	32,0	6,1	786,8	23,0
вересень	51840	97,3	1400,0	28,4	6,0	942,0	21,5
жовтень	42660	96,3	1578,4	22,8	6,0	1145,4	19,1
листопад	46260	96,8	1480,3	23,0	4,7	1086,3	18,2
грудень	50700	96,8	1622,4	22,0	4,8	1204,7	18,4
<i>Середнє за рік</i>	<i>45086,2</i>	<i>96,8</i>	<i>1452,0</i>	<i>24,8</i>	<i>5,5</i>	<i>1036,0</i>	<i>19,7</i>
<i>Всього за рік</i>	<i>541035</i>		<i>17423,1</i>			<i>12432</i>	

Висновки до розділу 1

У першому розділі магістерської роботи наведено загальну характеристику стічних вод та технологію їх очищення на станції аерації. Також у розділі наведено обсяги утвореного осаду та його характеристики.

Означена проблема нестачі площ під мулові поля, що потребує негайного вирішення шляхом впровадження новітнього ресурсозберігаючого методу утилізації збродженого мулу.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗБРОДЖЕНОГО ОСАДУ ТА МЕТОДИ ЙОГО УТИЛІЗАЦІЇ

2.1 Аналіз складу збродженого осаду

2.1.1 Характеристика збродженого осаду

Щодоби Бортницька станція аерації складає на мулові поля близько 12000 м³ пульпи. Кількість активного мулу, яка виходить з вторинного відстійника сягає 13544,41 м³/добу, одна частина його подається знову в аеротенк, а саме 11149,56 м³/добу, а інша прямує в цех обробки осадів – 2394,85 м³/добу [1].

Кількості осаду, що подається в метантенки з цехів блоків очисних споруд №№ 1, 2 та НБСА наведено в таблиці 2.1.

Температура збродженого осаду змінюється від 47,3 до 52,0⁰С. Середньорічний показник – 50,3⁰С. Вологість збродженого осаду на протязі року змінювалася від 97,1 до 98,2 %, середнє значення – 97,8 %. Розпад по беззольній речовині склав 24,8 %. По органічному складу зброджений осад має наступні показники: жироподібні речовини – від 9,4 до 16,6 %, вміст загального азоту – від 3,56 до 5,07 %, фосфору – від 2,00 до 7,81 %, вуглеводів: гемі-целюлози – від 3,4 до 8,6 %, альфа-целюлози – від 2,9 до 7,2 % [13]. Середньомісячні показники хімічного складу збродженого осаду [1]:

- жироподібні речовини – 11,3 %;
- загальний азот – 4,02 %;
- фосфор – 4,56 %;
- гемі-целюлоза – 5,8 %;
- альфа-целюлоза – 5,0 %.

Хімічний склад мінеральної частини осаду наведений в табл. 2.1

Таблиця 2.1 – Розрахунок кількості осаду, що подається в метантенки з цехів блоків очисних споруд №№ 1, 2 та НБСА

Місяць	Сирий осад					
	цеху блоку очисних споруд № 1		цеху блоку очисних споруд № 2		Ново-Бортницької станції аерації	
	фактичної вологості, м ³	за сухими речовинами, т	фактичної вологості, м ³	за сухими речовинами, т	фактичної вологості, м ³	за сухими речовинами, т
січень	58300	1515,8	61000	1586	48200	1397,8
лютий	62600	1878,0	60200	1685,6	65600	1968
березень	84240	2274,4	58400	1868,8	55400	1828,2
квітень	86400	2678,4	67000	2211	63400	1902
травень	90400	2260,0	70600	1906,2	79000	2133
червень	82000	2296,0	66000	1980	72000	2088
липень	85000	2125,0	63000	1701	79600	2228,8
серпень	72400	1882,4	64400	1803,2	71300	1925,2
вересень	76900	1922,6	66000	1848	56000	1736
жовтень	70300	2320,0	62800	1758,4	54400	1686,4
листопад	69000	2070,0	64800	1425,6	82300	2222,2
грудень	76400	2292,0	66400	1593,6	85000	2125
Середнє значення за рік	76162	2126,2	64200	1780,6	67680	1936,8
Всього за рік	913940	25514,6	770600	21367,4	812200	23240,6

Продовження таблиці 2.1

Місяць	Ущільнений надлишковий активний мул із споруд цеху блоку № 1		Всього надійшло осадів на обробку в цех обробки осадів	
	фактичний вологості, м ³	за сухими речовинами, т	фактичний вологості, м ³	за сухими речовинами, т
січень	183920	4230,2	351420	8729,8
лютий	169680	4242	358080	9773,6
березень	170720	3926,6	368760	9898
квітень	184800	4065,6	401600	10857
травень	191220	3824,4	431220	10123,6
червень	206260	4331,4	426260	10695,4
липень	200600	4413,2	428200	10468
серпень	204840	4301,6	412940	9912,4
вересень	204000	4488	402900	9994,6
жовтень	208000	4784	395500	10548,8
листопад	178200	4098,6	394300	9816,4
грудень	179300	3944,6	407100	9955,2
Середнє значення за рік	190120	4220,8	398190	10064,4
Всього за рік	2281540	50650,2	4778280	120772,8

Крім великого вмісту біогенних елементів в осаді присутні іони важких металів. Вміст важких металів в осаді наведений в табл. 2.3.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад мінеральної частини осаду

Тип осаду	Вміст, %											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	ZnO	CuO	NiO	Cr ₂ O ₃
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
З первинних відстійників	38,65	9,45	8,45	23,85	3,2	2,05	2,5	4,65	0,35	0,45	1,55	1,95

Продовження таблиці 2.2

Активний мул	25,7	17,1	12,95	12,8	6,4	2,35	6,25	4,15	0,25	0,15	1,8	1,2
Зброджена суміш осадів з первинних відстійників та активного мулу	31,5	9	12,5	14,0	2,55	2,3	3,65	5,1	0,15	0,25	0,6	1,87

Таблиця 2.3 – Вміст іонів важких металів в збродженому осаді

Іони хімічних елементів	Фактичний вміст мг/кг	Максимально допустимий вміст важких металів мг/кг
Zn ²⁺	1959,48	2500
Cu ²⁺	2033,99	1500
Ni ²⁺	300,00	200
Fe ³⁺	31145,00	25000
Cr ³⁺	825,00	750

Як видно з табл. 2.3 концентрації важких металів перевищують ГДК, тому для збереження природного вмісту даних елементів у ґрунтах потрібне доочищення збродженого осаду.

2.1.2 Характеристика осаду з мулових полів

Для аналізу відбирались зразки ОСВ на трьох мулових полів БСА, в двох горизонтах (0-20 та 20-40 см.).

Дані аналізів показали, що хімічний склад осадів стічних вод на різних мулових картах є неоднаковим, агрохімічні показники вказані в таблиці 3.4 і варіюють в широких межах. Вологість змінюється від 53,8 до 89,7%, рНсол – від 5,4 до 6,3. Таку розбіжність можна пояснити нерівномірністю мікрорельєфу мулових площадок та різним віком ОСВ які на них знаходяться. Вміст органічної речовини є практично стабільним для всіх зразків і становить 56,9-58,8%, зольність в межах 41,2 – 45%. Вміст загальних форм поживних елементів також є досить стабільним: N – 1,12-1,32%, P₂O₅ – 1,16-1,36%, K₂O – 0,15-0,21%; однак слід відмітити значну розбіжність за даними найважливіших, з точки зору потенційного застосування в якості добрив, показників – вмісту рухомих форм поживних елементів. Зокрема, вміст нітратного азоту змінюється від 10,2 мг/100г до 15,6 мг/100г, амонійного азоту – від 11,4 мг/100г до 18,6 мг/100г, рухомого фосфору від 180,0 мг/100г, до 217,0 мг/100г, рухомого калію – від 30,0 мг/100г, до 36,0 мг/100г [1].

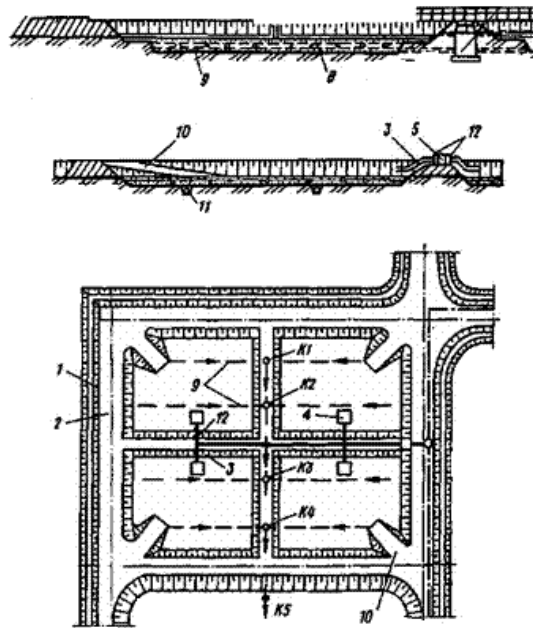
Аналіз вмісту валових форм важких металів в осадах стічних вод наведено в таблиці 2.5. Слід відмітити варіацію результатів за всіма показниками в дуже значних межах.

2.2 Характеристика мулових полів

Осад після очищення стічних вод має високу вологість (93-97%) і потребує зневоднення для подальшої утилізації.

Мулові поля – це спеціальні ділянки землі, відведені для накопичення та природного зневоднення мулу. Вони огорожені земляними валами, та мають мережу самопливних лотків або відвідних труб за допомогою яких відводиться надлишкова мулова вода. Мулові майданчики бувають різних

видів: без дренажу, з дренажем на природній основі (рис. 2.1), та з трубчастим дренажем на штучній водонепроникній основі.



1 – кювет захисної канави; 2 – дорога; 3 – зливний лоток; 4 – щит під зливним лотком; 5 – розводящий лоток; 6 – дренажний колодязь; 7 – збірна дренажна труба; 8 – дренажний шар; 9 – дренажні труби; 10 – з'їзд на карту; 11 – дренажна канава; 12 – шибери; K1-K5 – колодязі

Рисунок 2.1 – Мулові поля на природній основі з дренажем

Зазвичай це земельні ділянки розміром 100×100 м. Дальність розливу осаду з вологістю близько 97% може становити 75-100 м. Дальність розливу осаду з вологістю 93-95% може складати 20-25 м, в цьому випадку ширина карт буде обмежена 40-50 м при двосторонньому напуску. Вологість підсушеного осаду 65%. Для можливості заїзду техніки, мулові поля облаштовані спеціальними дорогами та пандусами. Проектування мулових майданчиків з природною основою можливе при заляганні ґрунтових вод на 2 м глибше від поверхні карт та можливістю фільтрації надлишкової води в ґрунт.

Дослідженням та розробкою більш технологічних мулових майданчиків в Україні займались: Нагорна О.К., Рожко В.Ф., Цись Є.С., (патент України на

корисну модель № 27951); Корінько І.В., Макаренко С.О., Кириченко О.Г., Клейн Ю.М., (патент України на корисну модель № 1891) та інші.

Основна задача мулових полів – зневоднення осаду. але після заборони використання ОСВ в якості добрив через високий вміст солей важких металів, мулові поля стали не лише способом зневоднення, а і основним методом утилізації.

Разом з вологою в атмосферу з мулових майданчиків випаровуються і парникові гази, зокрема метан. Через зростання вартості землі та заборону зберігання та захоронення відходів цей спосіб утилізації заборонений з 2005 року закордоном, проте в Україні таким методом утилізується 95% осадів. Мулові поля займають значні земельні площі, та унеможливають їх подальше використання. Відсутність земельних площ під додаткові мулові поля призводить до перевантаження вже існуючих полів, та загрожує забрудненням прилеглих територій та підземних вод внаслідок аварійних ситуацій. Ще однією з проблем викликаних даним методом утилізації є неприємний запах, який поширюється далеко за межі захисної зони.

2.3 Моделювання процесів міграції важких металів у підземні води

2.3.1 Диференціальне рівняння перенесення забруднення у фільтраційному потоці

Процеси перенесення солей у ґрунтових середовищах відбуваються внаслідок руху порового розчину (конвективне переміщення солей) і градієнтності концентрації розчину [15].

Розглянемо просте середовище, повністю насичене водою, і виділимо у фільтраційному потоці елементарний об'єм у вигляді паралелепіпеда зі сторонами dx , dy , dz (рис.2.2).

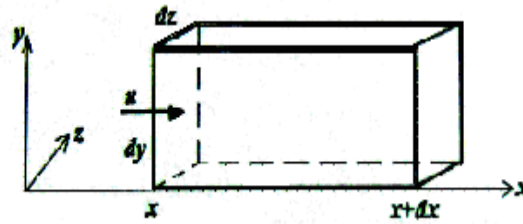


Рисунок 2.2 – Елементарний об'єм для моделі перенесення забруднення

Нехай $V=(u,v,w)$ – швидкість фільтрації, $C(x,y,z,t)$ – концентрація домішок в одиниці об'єму, тобто кількість забруднювача в одиниці об'єму рідини, що заповнює пори. Будемо вважати, що пасивні домішки (ті, що не впливають на гідродинаміку фільтраційного руху) переміщуються разом із рідиною. Уздовж осі Ox за час dt через ліву межу з фільтраційним потоком усередину елементарного об'єму втікають домішки масою

$$(Cu) \Big|_x \partial y \partial z \partial t$$

І витікають домішки масою

$$(Cu) \Big|_{x+dx} \partial y \partial z \partial t$$

Отже, приріст маси, зумовлений конвективним рухом уздовж осі Ox ,

$$\delta m_x = (Cu \Big|_x - (Cu \Big|_{x+dx}) dy dz dt$$

Використавши розвинення функції у ряд Тейлора й обмежившись при цьому величинами першого порядку малості, звідси одержимо:

$$\delta m_x = \left(\frac{\partial (Cu)}{\partial x} \right) dx dy dz dt$$

Аналогічні вирази маємо для приросту маси вздовж осей Oy , Oz :

$$\delta m_y = \left(\frac{\partial(Cv)}{\partial y} \right) dx dy dz dt$$

$$\delta m_z = \left(\frac{\partial(Cw)}{\partial z} \right) dx dy dz dt$$

Тепер ураховуємо, що перенесення домішок через грані елементарного об'єму може відбуватися внаслідок не тільки конвекції, але й дифузії. Згідно із законом Фіка питомий потік дифузійного перенесення речовини в однокомпонентному розчині зумовлений градієнтом концентрації:

$$q = -D_m \text{grad} C \quad (2.1)$$

де D_m – коефіцієнт молекулярної дифузії.

Якщо перенесення речовини відбувається у фільтраційному потоці спостерігається гідродинамічна депресія, пов'язана з пульсацією швидкості. Тоді, крім потоку дифузійного перенесення з'являється додатковий потік, який має вигляд (2.1), але з іншим коефіцієнтом пропорційності D_r – так званім коефіцієнтом гідродинамічної дисперсії [16].

Отже, дифузійний і гідродинамічний потоки можна описати законом

$$q = -D \text{grad} C, D = D_m + D_r$$

де D – коефіцієнт конвективної дифузії, що враховує молекулярну дифузію та гідродинамічну дисперсію. У насичених ґрунтах для коефіцієнта гідродинамічної дисперсії використовують емпіричні залежності вигляду

$$D_r = \lambda |V|, \quad D = \lambda |V| + \alpha |V|^2$$

де λ – параметр гідро дисперсії, що залежить від ґрунту й напрямку швидкості фільтрації V ; α – параметр макродисперсії. Сумарний питомий потік перенесення домішок унаслідок конвективного перенесення, молекулярної дифузії та гідродинамічної дисперсії можна описати співвідношенням

$$q = CV - DgradC. \quad (2.2)$$

Унаслідок дифузії приріст маси домішок в елементарній комірці вздовж осі Ox за час dt

$$\partial M_x = \left[- \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) \Big|_x + \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) \Big|_{x+dx} \right] dydzdt.$$

Обмежуючись величинами першого порядку малості, звідси одержимо

$$\partial M_x = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) dx dy dz dt.$$

Аналогічно можна обчислити приріст уздовж осей Oy , Oz :

$$\partial M_y = \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) dx dy dz dt.$$

$$\partial M_z = \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial C}{\partial z} \right) dx dy dz dt.$$

Отже, сумарний приріст маси вздовж осі Ox , зумовлений процесами конвекції та дифузії,

$$\Sigma_x = \left[-\frac{\partial(uC)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) \right] dx dy dz dt \quad (2.3)$$

Зміна кількості домішок в елементарному об'ємі внаслідок процесів конвекції та дифузії в напрямку осей Oy , Oz становить

$$\Sigma_y = \left[-\frac{\partial(vC)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) \right] dx dy dz dt \quad (2.4)$$

$$\Sigma_z = \left[-\frac{\partial(wC)}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial C}{\partial z} \right) \right] dx dy dz dt \quad (2.5)$$

Далі враховуємо, що маса нагромаджених домішок в елементарній комірці об'ємом $dx dy dz$ за час dt – це величина

$$\frac{\partial(n_a C)}{\partial t} dx dy dz dt, \quad (2.6)$$

де n_a – активна пористість.

За законом збереження маси домішок (2.6) зумовлена зміною маси домішок через межі контрольного об'єму. Тоді прирівнявши (2.6) до суми правих частин виразів (2.3)-(2.5), отримаємо рівняння балансу

$$\frac{\partial(n_a C)}{\partial t} + \frac{\partial(uC)}{\partial x} + \frac{\partial(vC)}{\partial y} + \frac{\partial(wC)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial C}{\partial z} \right) \quad (2.7)$$

Рівняння (2.7) – одне з базових у моделювання задач міграції забруднення в підземних водах. Повніше процеси міграції домішок можна

описати за допомогою коефіцієнтів дифузії D_x , D_y , D_z , що враховують напрямки вздовж осей координат. Водночас зауважимо, що значні труднощі під час розв'язування практичних завдань пов'язані з браком достовірних залежностей коефіцієнтів конвективної дифузії від просторових координат [17].

В загальному вигляді рівняння конвективного та дифузійного перенесення домішок разом із фільтрацією рідини має вигляд

$$n_a \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(uC)}{\partial x} + \frac{\partial(vC)}{\partial y} + \frac{\partial(wC)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_z \frac{\partial C}{\partial z} \right) \quad (2.8)$$

При дифузійному перенесенні домішок вздовж осі у рівняння (2.8) прийме вигляд

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) \quad (2.9)$$

Дане рівняння не враховує активну пористість.

Характеристика процесу міграції важких металів в підземні води:

1. Процес вірогідний, тому що фільтрація відбувається не завжди.
2. Процес непереривний, тому що фільтрація води з іонами важких металів відбувається постійно.
3. Процес динамічний, тому що концентрація весь час змінюється.
4. Процес стаціонарний, тому що процес фільтрації відбувається в одному і тому ж місці.
5. Процес нелінійний, тому що зміна концентрації прямо пропорційна зміні часу.
6. Процес дисипативних, тому що він не ізолюваний від навколишнього середовища.

Характеристика моделі процесу міграції важких металів в підземні води:

1. Модель детермінована, тому що в даній моделі процес відбувається завжди.
2. Модель неперервна, тому що будь-якому часу відповідає певне значення концентрації.
3. Модель динамічна, так як концентрація важких металів змінюється постійно.
4. Модель стаціонарна, тому що параметри рівняння не змінюються з часом.
5. Модель нелінійна, оскільки глибина знаходиться в другій степені.
6. Модель консервативна, тому що не враховує природні умови.

2.3.2 Розрахунок моделі фільтрації важких металів в підземні води

Постановка задачі

На основі рівняння дифузійного перенесення домішок разом із фільтрацією рідини вздовж осі x встановити залежність концентрації важких металів у воді від відстані поширення та часу фільтрації, якщо $E_a=80$ кДж/моль, $t=20^\circ\text{C}$, $D_0=1$ м²/с, $K=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К.

Методика розрахунку

Розраховуємо коефіцієнт дифузії за формулою:

$$D = D_0 \exp(-E_a / KT) \quad (2.10)$$

де E_a – енергія активації, Дж; K – постійна Больцмана, $k=1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К;
 T – температура, °К.

При дифузійному перенесенні домішок вздовж осі у рівняння має вигляд

$$\text{або } \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) \quad (2.11)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} . \quad (2.12)$$

Проінтегрувавши рівняння (2.10), отримаємо

$$C(y,t) = \frac{1}{\sqrt{t}} \exp\left(\frac{-y^2}{4Dt}\right) . \quad (2.13)$$

Підставивши, значення коефіцієнта дифузії, глибини та часу, отримаємо значення концентрації важких металів.

Вихідні дані наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Вихідні дані для розрахунків

Позначення	Значення показника	Одиниці виміру
E_a	80	КДж/моль
T	273+20	К
K	$1.38 \cdot 10^{-23}$	Дж/К
D_0	1	$\text{м}^2/\text{с}$
t	1...24	год
y	20, 30	м

Підземні води в районі БСА залягають на глибині 20-30 м (Полтавський горизонт). Розрахункова формула:

$$C(y,t) = \frac{1}{\sqrt{t}} \exp\left(\frac{-y^2}{4Dt}\right)$$

Результати розрахунку. Розрахунки зроблені в програмі Mathcad:

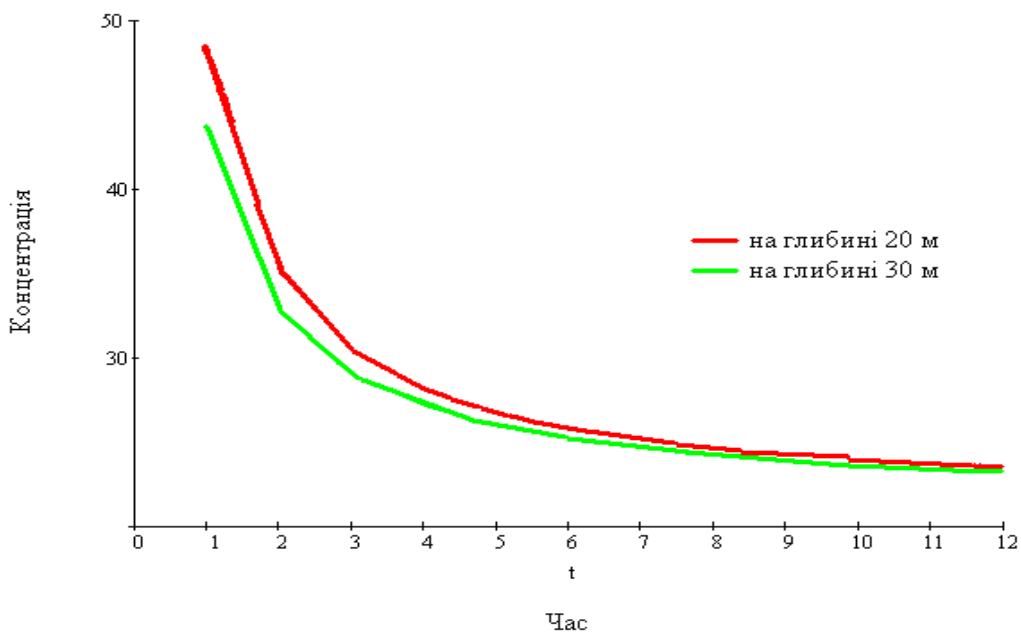


Рисунок 2.3 – Залежність концентрації важких металів у воді від часу фільтрації на глибині 20 та 30 м

2.4 Методи утилізації збродженого осаду

Відходи міського комунального господарства, в тому числі і осади стічних вод (ОСВ) у великих містах і населених пунктах породжують масу проблем у зв'язку з їхньою утилізацією.

Існує ряд способів утилізації ОСВ: скидання в моря й океани, спалювання, захоронення в ґрунтовому середовищі, знешкодження і використання в якості органічних добрив, як добавка при приготуванні різних компостів і т.д. У Японії, наприклад, вже в 1981р. в експлуатації перебувало близько 500 установок кінцевої переробки і за рік перероблялося близько $65 \cdot 10^8$ м³ стічних вод, при цьому кількість отриманого мулу склало близько $24 \cdot 10^5$ м³. Вони складаються на 80% зі зневодненого брикету, на 11% з золи спалювання (попелу, одержуваного в результаті спалювання після зневоднення) та інших відходів (сухий мул) в кількості 9%. Зазначені відходи (42%) захоронюють в землю, скидають у море (36%), в обсязі 15% ефективно

використовують. З ефективним використанням відходів 93% припадає на поліпшення сільськогосподарських земель [18].

Є способи утилізації ОСВ за допомогою їх розміщення в повітрі. Однак у даній середовищі можна розмістити лише воду, яка міститься в ОСВ, а також органічні речовини, перетворені на вуглекислий газ і азотисті сполуки.

Одним із способів утилізації ОСВ є його використання в якості органічного добрива, при цьому одночасно вирішується ряд задач: виключається необхідність зберігання (поховання), підвищується родючість ґрунтів і врожайність сільськогосподарських культур, не забруднюється навколишнє природне середовище. Компостування побутового сміття і осаду стічних вод за кордоном розглядається як важливий елемент стратегії повторного використання відходів. Найбільш широко вказаний спосіб переробки відходів застосовуються в густонаселених розвинених країнах, де гостро стоять проблеми охорони навколишнього середовища і відчувається дефіцит природних ресурсів. Мул зі станцій очищення стічних вод є найважливіше джерело органічних, поживних і біологічних активних речовин. Безпосереднє добриво мулом зі станцій очищення стічних вод є вигідним способом використання цих відходів, якщо вони використовуються відповідним чином за певних природних і виробничих умовах. Завдяки економічній вигоді, яку приносить безпосереднє добриво мулом його споживачам і постачальникам, а також всьому народному господарству, зазначений спосіб використання мулу признається і застосовується у всьому світі.

Ще одним сучасним способом утилізації збродженого осаду є його спалювання. Спалювання відходів взагалі і каналізаційних осадів зокрема - відносно нова, велика, що швидко розвивається галузь, що включає безліч різноманітних процесів, кожен з яких, у свою чергу, може здійснюватися з використанням різних технічних рішень. Детально технології спалювання відходів, їх переваги та недоліки, будуть розглянуті нижче. У цілому

спалювання каналізаційних осадів, як один з напрямків використання відходів, може бути охарактеризований наступним чином:

- спалювання каналізаційного осаду вирішує всі основні проблеми його використання та знищення: утворення тепла; можливість отримання електроенергії, палива, сировинних продуктів для хімічної промисловості; багаторазове скорочення ваги та об'єму; використання продуктів згорання.

- спалювання осаду технічно здійсненне на базі сьогоденного рівня розвитку науки і техніки;

- при використанні існуючих технологій і відповідної експлуатації екологічні ризики зводяться до мінімуму.

До недоліків методу слід віднести високі капітальні витрати і відносно високі експлуатаційні витрати, високі вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Спалювання ОСВ

Даний метод в країнах Європи стає все популярнішим. Основними причинами популярності цього методу є:

- зменшення об'єму та ваги осаду, що дозволяє зберегти земельні ділянки;

- новітні технології та системи по очищенню димових газів, що дозволяють зменшити шкідливий вплив на атмосферу;

- отримання електричної енергії та палива;

- використання продуктів згорання.

ОСВ спалюють як самостійно так і з іншими видами палива. Послідовність спалювання осаду зображено на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Спалювання осаду стічних вод

Найбільш вивченим є сумісне спалювання осаду з вугіллям. Існують розробки альтернативного палива для цементних печей на основі термічної утилізації вугільних шламів разом з осадами [2].

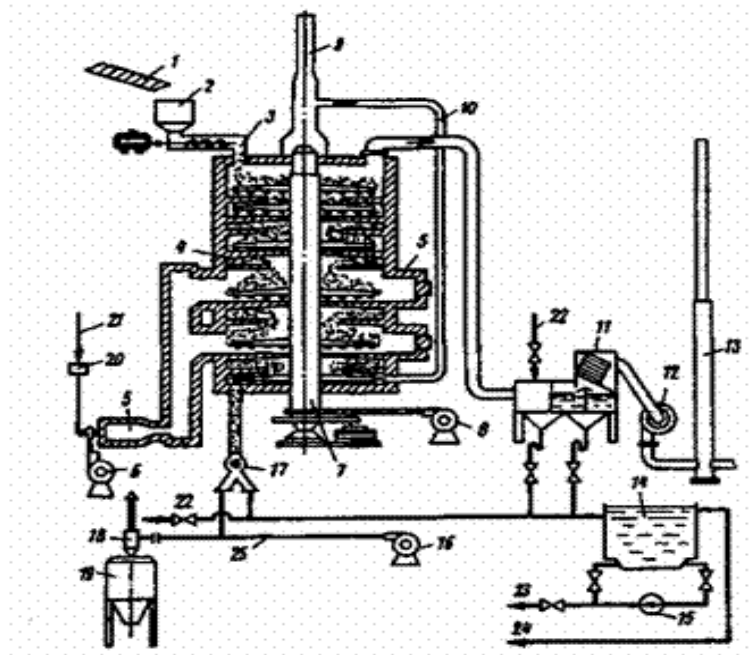
При спалюванні з іншими видами палива необхідно вивчити їх сумісність, оскільки наявність різного роду домішок утруднює процес спалювання.

Рядом країн визнано перспективність даного способу використання осаду, зокрема в Німеччині має місце спалювання осаду на електростанціях. Сумісно спалювати осад стічних вод можливе з використанням котла із колосниковою решіткою. Проте він використовується лише для сумісного спалювання осаду з традиційним паливом, і частка осаду не перевищує 20%.

Найбільш поширені печі по спалюванню осаду: багатоходові печі, печі киплячого шару і барабанні обертові печі. Вибір оптимальної печі залежить від її продуктивності, вимог до зброженого осаду та кількості утвореної золи.

Багатоходова піч

Багатоходова піч представляє собою сталевий вертикальний циліндр, обкладений зсередини вогнетривкою цеглою, розділений по горизонталі на 7-9 подів. Гребкові пристрої закріплені на вертикальному валу, який розташований безпосередньо в центрі печі. Кожен под має отвори розташування яких чергуються від периферії до центральної частини. Загальний вигляд та схема спалювання зображена на рис. 2.5.



1 – конвеєр стрічковий; 2 – бункер завантаження осаду; 3 – шнековий живильник; 4 – багатоходова піч; 5 – зовнішня топка; 6 – повітродувні вентилятор; 7 – вал; 8 – вентилятор охолодження; 9 – атмосферна труба; 10 – рециркуляційний трубопровід; 11 – мокрий пиловловлювач; 12 – димососи; 13 – димова труба; 14 – збірка золи; 15 – насос перекачування золової води; 16 – вентилятор пневмотранспорту; 17 – шлюзовий живильник; 18 – циклонний розвантажник; 19 – бункер вивантаження золи; 20 – газорегулюючі установка; 21 – трубопровід паливного газу; 22 – водопровід; 23 – золопровід; 24 – каналізаційний трубопровід; 25 – повітропровід.

Рисунок 2.5 – Схема багатоходової печі [3]

Подача осаду відбувається конвеєрним способом у верхню камеру печі і гребками переміщується по пересипних отворах подів. Багато ходовість печі забезпечує підсушування осаду на верхніх подах, середні поди температура яких становить $600-900^{\circ}\text{C}$ забезпечують вигорання органічної частини, а нижні охолоджують утворену золу. Димові гази димососами відводяться в мокрий пиловловлювач, після очистки викидаються в атмосферу. Основні характеристики печі: продуктивність 13т/год. , вихід золи складає 10% , коефіцієнт корисної дії (ККД) – 90% .

Щоб ефективно спалювати зброджений осад в багатходовій печі, він має відповідати таким критеріям: вологість до 60%, зольність немає перевищувати 40%, питома теплоємність не нижче 20 МДж/кг.

Недоліки:

1. Значні фінансові витрати на будівництво;
2. Габаритність установки;
3. Додаткові витрати на часті ремонтні роботи;
4. Висока вартість виготовлення окремих елементів печі.

Барабанна обертова піч

Барабанна обертова піч – це горизонтальний циліндр, що досягає в діаметрі до 5 м, а в довжині до 200 м, повільно обертається навколо осі. Призначенням є обробка сипучих матеріалів. Зазвичай обертові печі застосовуються для сумісного спалювання стічного осаду та побутових відходів. Схематичний вигляд барабанної обертової печі зображено на рисунку 2.6.

В печі застосовуються всі види палива, в більшості випадків це природний газ. Осад подається у верхній кінець барабана і під час обертання повільно спускається до нижнього кінця зменшуючи при цьому свою вологість. Після спалювання осаду утворена зола має високу температуру і потребує охолодження. Після охолодження за допомогою повітряного охолоджувача, зола надходить в приймальний бункер, звідки може бути утилізована. Димові гази проходять очистку ідентичну попередній печі.

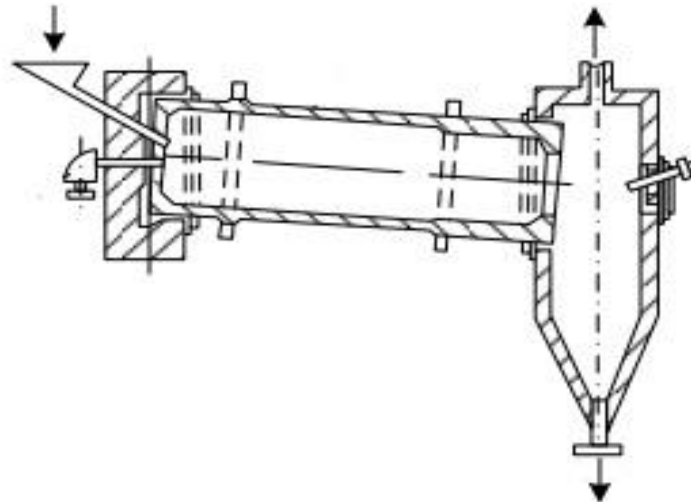


Рисунок 2.6 – Схема барабанної обертової печі

В барабанній обертовій печі відбувається зміна температури від 200°C до 1000°C , відповідно від сушіння до безпосереднього спалювання. З середини барабан печі оброблений вогнетривкими матеріалами та містить механізми подрібнення та перемішування спалюваної речовини.

Характерні показники: ефективність – 91,7 %, продуктивність – 35 т/год, запиленість газів порівняно невелика.

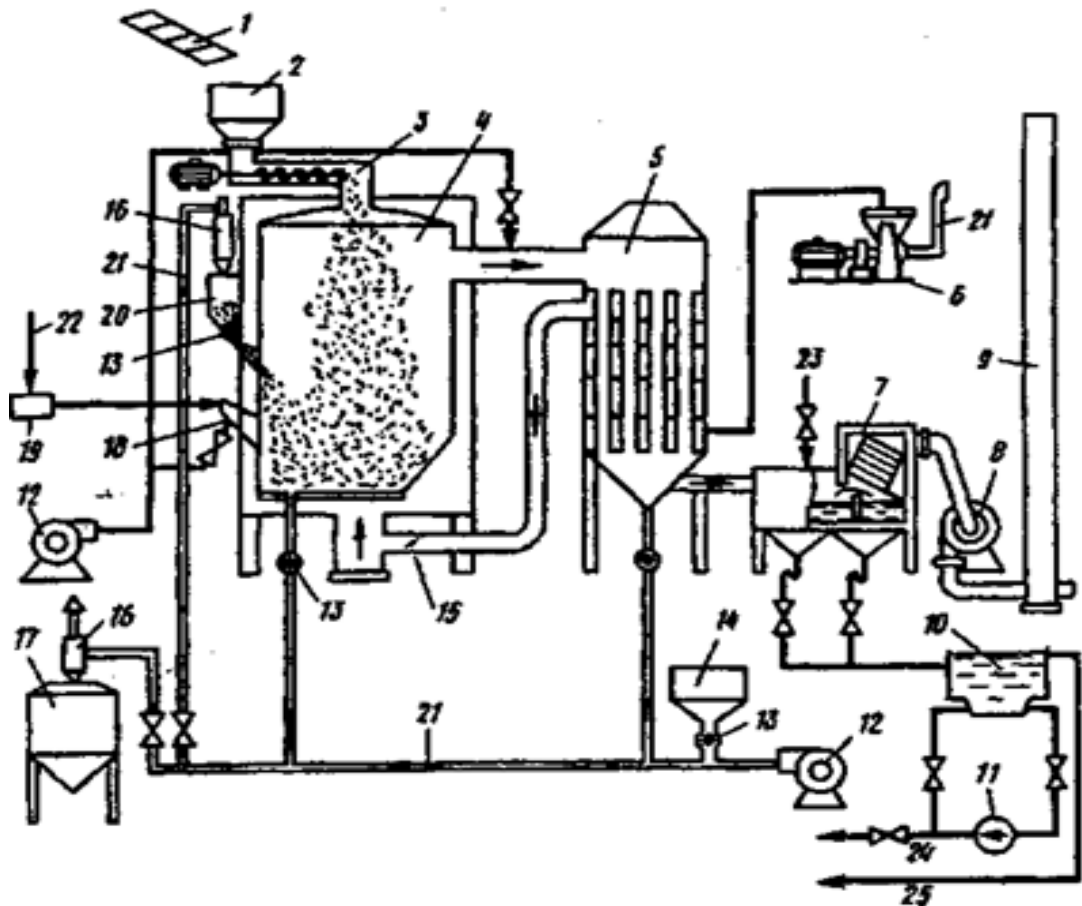
Недоліки: складність експлуатації установки, великі фінансові витрати, необхідність значних площ для розміщення установки.

Піч киплячого шару

Утилізація осаду із застосуванням печі киплячого шару є найбільш поширеним та протестованим термічним способом утилізації осаду в світі.

Дана технологія є досить поширеною у Німеччині, Японії, США та ін.

Піч киплячого шару має вигляд вертикального циліндру, виготовленого з міцної сталі та обмурованого в середині вогнестійкою цеглою. В циліндрі розміщена топкова камера, конусна частина печі з ґратами, які забезпечують розподіл повітря (рис. 2.7).



1 – стрічковий конвеєр; 2 – бункер завантаження осаду; 3 – шнековий живильник; 4 – піч киплячого шару; 5 – рекуператор; 6 – повітродувки; 7 – мокрий пиловловлювач; 8 – димососи; 9 - димова труба; 10 - золова ємність, 11 – насос перекачування золової води; 12 – вентилятор; 13 – шлюзової живильник; 14 – бункер для піску; 15 – заслінка; 16 – циклонний розвантажувач; 17 – бункер вивантаження золи; 18 – газовий пальник; 19 – газорегуляторні установки; 20 – бункер - дозатор; 21 – повітропровід; 22 – трубопровід паливного газу; 23 – водопровід; 24 – золопровід; 25 – каналізаційний трубопровід

Рисунок 2.7 – Схема спалювання осадів у печі киплячого шару [3]

В печі застосовується кварцовий пісок фракцією 0,5-2,2 мм, який наливається на решітку шаром 0,9-1 м. Подачею нагрітого повітря під тиском забезпечується перемішування піску в газовому потоці, цим самим створюючи ефект киплячого шару. При перемішуванні осаду з розжареним піском,

випаровується волога та виділяються леткі речовини. Цей процес займає не більше 2 хв. Відхідні газы разом з золюю і пилом виносяться потоком в рекуператор. Рекуператор в свою чергу забезпечує нагрівання повітря, яке надходить з повітродувок, димовими газами, забезпечуючи при цьому охолодження самих газів. Далі нагріте повітря під тиском, проходячи решітки, забезпечує підтримання киплячого шару, а вихідні газы відділяються від золи та пилу за допомогою мокрого пиловловлення.

При необхідності підтримання процесу горіння пальником може спалюватись додаткове паливо.

Щоб спалювання осаду в печі киплячого шару було ефективним осад має відповідати таким вимогам: зменшення вологості до 65 %, подрібнення до розміру часточок 10 мм, зольність осаду має бути меншою за 50 %.

Потужність даної установки 30 т/год, відсоток ефективності складає 92,5.

Переваги печі з киплячим шаром: в порівнянні з іншими печами установка з киплячим шаром є досить компактною, використання осаду з більшою вологістю, можливість відновлення фосфору з золи, інтенсивний процес та висока потужність спалювання.

Основними недоліками є: потреба в установці рекуператорів та доочищення вихідних газів.

На сьогоднішній день в світі розроблена нова технологія печі киплячого шару зі збільшеним тиском. Термічна утилізація з киплячим шаром під тиском дозволяє зменшити габаритність самої установки та прискорити процес утилізації осаду, зменшити витрати на електроенергію та додаткове паливо.

Порівняння основних показників проаналізованих печей для термічної утилізації осаду наведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Порівняння основних показників печей.

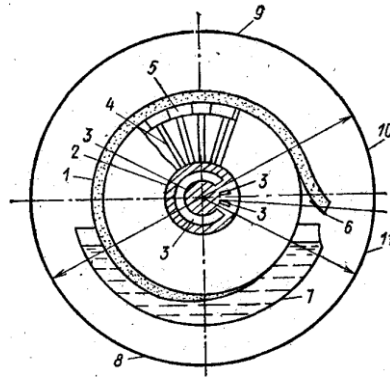
Показник	Установка		
	Багатоходова піч	Барабанна обертова піч	Піч з киплячим шаром
Продуктивність, т/год	13	35	30
Ефективність, %	90	91,7	92,5
Вологість осаду, %	50	60	65
Зольність осаду, %	40	35	< 50
Кількість утвореної золи, %	10	8,3	7,5
Температура газів, що відходять з камери горіння °С	310-520	650-1000	850-950
Питоме навантаження робочого об'єму по знищеній до ГДК речовині, кг/(м ² ·год)	200-400	10-80	300-800
Коефіцієнт надлишку повітря	1,08-1,2	1,1-1,6	1,04-1,3

2.4.1.1 Зневоднення осаду

Вологість зброженого осаду складає 95,6%.

Розрізняють такі методи зневоднення: фільтр-пресування, вакуум фільтрування та центрифугування.

Вакуум-фільтри для зневоднювання осадів знайшли найбільше розповсюдження в порівнянні з іншими апаратами. Розрізняють барабанні зі східним полотном, дискові та стрічкові вакуум-фільтри [21]. Серед вакуумних фільтруючих апаратів найбільш поширені барабанні вакуум-фільтри (рис. 2.8).



1 – циліндричний барабан; 2 – розподільна головка; 3 – камери розподільної головки; 4 – відвідний колектор; 5 – секція; 6 – ніж для знімання осаду; 7 – корито з осадом; 8 – зона фільтросмути страхування; 9 – зона просушування; 10 – зона знімання осаду; 11 – зона регенерації тканини

Рисунок 2.8 – Барабанний вакуум-фільтр

Показники роботи вакуумних фільтрів наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.8 – Показники вакуумних фільтрів

Осад стічних вод	Вихідна вологість осаду, %	Питома продуктивність по сухій речовині осаду, кг/(м ² ·год)	Вологість зневодненого осаду, %
Зброджений осад з первинних відстійників	90...97	25...35	75...77
Суміш сирого осаду та ущільненого активного мулу	94...97	20...30	75...80
Ущільнений активний мул	94,5...97	8...12	85...87

Необхідна поверхня фільтрування:

$$F = \frac{q_1(100 - w_1)1000}{100 \cdot 24 q_\phi} = \frac{5871(100 - 96,5)1000}{100 \cdot 24 \cdot 30} = 285,4 \text{ м}^2,$$

де q_1 – кількість осаду, м³/добу; W_1 - вологість осаду, %; $q_\phi = 20$ кг / (м².год) - питома продуктивність фільтра (табл. 2.7).

Приймаються до установки вакуум-фільтри БОУ40-3,4, згідно з даними табл. 2.9, в кількості дев'ять штук (вісім робочих і одного резервного).

Таблиця 2.9 – Технічна характеристика вакуум-фільтрів БОУ

Показники	Типорозміри фільтру			
	БОУ5-1,675	БОУ10-2,6	БОУ20-2,6	БОУ40-3,4
1	2	3	4	5
Поверхня фільтрування, м ²	5	10	20	40
Розміри барабану, мм: - діаметр - довжина	1762 960	2612 1350	2612 2702	3000 4400
Кут поглинання барабану в суспензії, град	132	149	149	105...155
Кут зон, град - фільтрування - I просушки - промивки і II просушки - отдувки - регенерації	124,5 67 103 20 20	132 59,5 103 20 20	132 59,5 103 20 20	97,5...135 81,5...56 103 20 22...37,5

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5
Швидкість обертання барабану, об/хв	0,13...2	0,13...2	0,13...2	0,43
Середня швидкість переміщення лопатей мішалки, м/с	0,3	0,3	0,3	0,37
Об'єм рідини в кориті, л	1300	2700	4200	3000
Електричний двигун приводу барабану та мішалки: - тип - число оборотів вала в хв. - потужність, кВт	АО2-22-6 930 1,1	АО2-32-6 930 2,2	АО2-41-6 960 3,0	АО2-41-4/1 460 3,3
Габаритні розміри, мм	2980×2410 ×2650	3420×3820 ×3415	4750×3230 ×3830	6600×4300 ×3640
Вага, кг:	4990	7858	12432	17880

Кількість зневодненого осаду:

$$q_2 = \frac{q_1(100 - w_1)}{100 - w_2} = \frac{5871(100 - 96,5)}{100 - 75} = 821,94 \text{ м}^3/\text{добу},$$

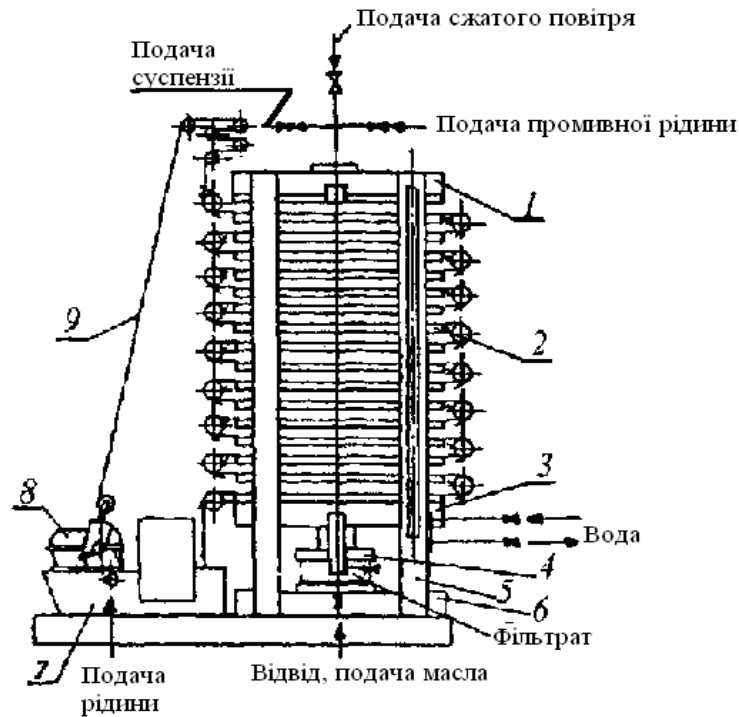
де $W_2 = 75\%$ - вологість зневодненого осаду, що приймається за таблицею 3.7.

Витрата фільтрату:

$$q_{\text{ф}} = q_1 - q_2 = 5871 - 821,94 = 5049,06 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Іншим поширеним обладнанням для зневоднювання осадів є фільтр-прес (рис. 2.9). Фільтр-преси знаходять досить широке поширення для зневоднювання осадів виробничих стічних вод. У порівнянні з вакуум-

фільтрами при інших рівних умовах після зневоднення на фільтр-пресах виходять осади з меншою вологістю ($W = 60\%$). Фільтрпреси застосовують у тих випадках, коли осад направляють на сушіння або спалювання або коли для подальшої утилізації необхідно отримати осади з мінімальною вологістю [21].



1 – плита упору; 2 – фільтруюча плита; 3 – натискна плита; 4 – механізм затискач; 5 – стяжка; 6 – опорна плита; 7 – камера регенерації тканини; 8 – механізм руху тканини; 9 – фільтруюча тканина.

Рисунок 2.9 – Схема фільтр-преса ФПАКМ

Визначення кількості осаду по сухій речовині:

$$G_{oc} = \frac{q_1(100 - w_1)1000}{24 \cdot 100} = \frac{5871(100 - 96,5)1000}{24 \cdot 100} = 8561,875 \text{ кг / год.}$$

Визначення фактичної продуктивності фільтр-преса:

$$q_{\phi} = \frac{k_1 k_2 n (100 - w_1) 3600}{S(\tau_{\epsilon} + \tau_{\phi} + \tau_o)} = \frac{50 \cdot 1,96 \cdot 1,35 (100 - 96,5) 3600}{300(40 + 1000 + 50)} = 5,1 \text{ кг / (м}^2 \cdot \text{год)},$$

де $n = 1,35$ – коефіцієнт, що залежить від вологості вихідного осаду; $k_1 = 50$ – коефіцієнт, що залежить від об'єму камер фільтр-преса ФПАВЗОО з площею фільтрації $S = 300 \text{ м}^2$ згідно даних табл. 2.10; $k_2 = 1,96$ – відношення обсягу подається у фільтрпрес осаду до обсягу робочих камер; $\tau_{\epsilon} = 40 \text{ с}$ – тривалість завантаження, продувки та допоміжні операцій; $\tau_{\phi} = 1000 \text{ с}$ – тривалість фільтрації, визначена на лабораторній воронці, в залежності від виду осадів; $\tau_o = 50 \text{ с}$ – тривалість віджиму.

Таблиця 2.10 – Технічна характеристика фільтр-пресів

Показники	Марки фільтр-пресів						
	ФПА КМ- 2,5У	ФПА КМ-5У	ФПА КМ- 10У	ФПА КМ- 25У	ФПА КМ- 50У	ФПА В100	ФПА В300
Площа поверхні фільтрування, м ²	2,5	5	10	25	50	100	300
Проміжок між плитами, мм	45	45	45	45	50	"	~
Робочий тиск, МПа	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1	0,8
Кількість фільтруючих плит, шт.	6	6	12	16	20	55	11,1
Ширина фільтруючої тканини, мм	700... 750	845... 920	845... 920	1100... 1200	1450	1600	1600
Потужність електродвигуна, кВт	23	27	27	36,5	39	15	19
Габаритні розміри, мм	2660 ×1760 ×2750	3375 ×2000 ×2780	3375 ×2000 ×3525	3780 ×2150 ×4250	5000 ×2930 ×5560	9500 ×3000 ×3400	14300 ×3000 ×4200
Маса фільтру, кг	6300	8400	10200	16600	25930	28750	60000

Кількість фільтр-пресів:

$$m = \frac{G_{oc}}{S q_{\phi}} = \frac{8561,875}{300 \cdot 5,1} = 5,6 \text{ шт.}$$

Приймаються 7 фільтр-пресів (6 робочих і 1 резервний) ФПА ВЗОО.

Центрифугування в останні роки знаходить все більшого поширення. Достоїнствами цього методу є простота, економічність і керованість процесом. Після обробки на центрифугах отримують осади низької вологості.

Центрифугування осадів проводиться із застосуванням мінеральних реагентів та флокулянтів або без них. При використанні флокулянтів осад після зневоднення має меншу вологість ($W=65\%$), а центрифуга - велику продуктивність; фугат, що утворюється при центрифугуванні, - меншу забрудненість [22].

Для зневоднення промислових і побутових осадів стічних вод в Україні та за кордоном здебільшого використовуються вертикальні осаджувальні центрифуги періодичної дії і горизонтальні осаджувальні центрифуги безперервної дії з шнековим вивантаженням осаду. Принципова схема осаджувальної центрифуги з вертикальним ротором показано на рис. 2.10.

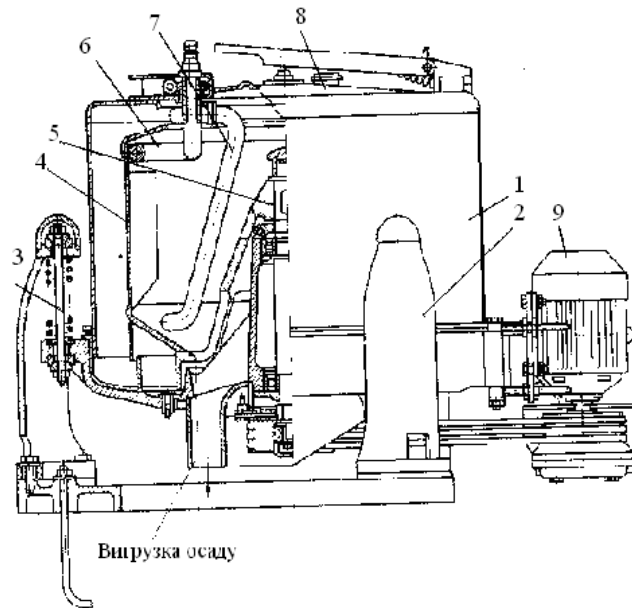
Розрахуємо кількість центрифуг. Для цього визначимо кількість сухої речовини осаду:

$$G_{in} = \frac{q_1(100 - w_1)1000}{100} = \frac{5871(100 - 96,5)1000}{100} = 205485 \text{ кг / доба} = 205,485 \text{ т / доба}$$

Кількість зневодненого осаду (Кека) при ефективності затримання сухої речовини $E_{c,v} = 55\%$ - по сухій речовині:

$$G_k = k G_{oc} = 0,55 \cdot 205,485 = 113 \text{ т / добу,}$$

де $k = E_{c,v}/100 = 0,55$ - коефіцієнт ефективності.



- 1 – корпус; 2 – опорні колони; 3 – підвіска пружинна; 4 – ротор; 5 – вал;
 6 – патрубок підвідний; 7 – патрубок для відведення фугат; 8 – кришка;
 9 – електропривід

Рисунок 2.10 – Конструкція осаджуваної центрифуги

Кількість фугату за вмістом сухої речовини:

$$G_{\phi} = G_{oc.} - G_{к} = 205,485 - 113 = 92,485 \text{ т/добу.}$$

Кількість сухої речовини, що подається на центрифугу:

$$G_{c.1} = \frac{G_{\phi} 100}{\mathcal{E}_{cm}} = \frac{92,485 \cdot 100}{30} = 308,3 \text{ т/добу.}$$

Об'ємна витрата суміші на центрифугу при вологості суміші після ущільнення $W_{упл} = 65\%$:

$$q_{cm} = \frac{G_{c.1} 100}{100 - w_{упл}} = \frac{308,3 \cdot 100}{100 - 65} = 881 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Кількість центрифуг ОГШ-631К-2 при продуктивності $q_{ц} = 30 \text{ м}^3 / \text{год}$

$$m = \frac{q_{см}}{24 q_{ц}} = \frac{881}{24 \cdot 30} = 1,2 \quad \text{шт.}$$

За таблицею 2.11 вибираємо центрифугу типу ОГШ-631К-2 і приймаємо до установки дві центрифуги робочі і одну резервну.

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики серійних центрифуг

Показники	Типи центрифуг		
	ОГШ-351К6	ОГШ-50К-4	ОГШ-631К-2
Розрахункова продуктивність, $\text{м}^3/\text{год}$	4-6	9-14	25-35
Діаметр ротора, мм	350	500	631
Довжина ротора, мм	630	900	2370
Частота обертів ротора, об/хв	2800-3600	2000-2650	2000
Фактор розділу	1500-2500	1100-1950	1400
Габарити (з електродвигуном), мм:	2380×1585 ×1030	2710×1990 × 1525	4530×2780 ×1430
Маса, т	1,2	1,8	12
Потужність електродвигуна, кВт	22	28,32	100

Порівняльні характеристики установок зневоднення наведені в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Характеристика установок зневоднення

Тип зневоднення	Марка установки	Кількість установок, шт.	Потужність, кВт	Вологість вихідного осаду, %	Об'єм вихідного осаду, кг/год	Примітки
Вакуум-фільтр	БОУ40-3,4	9	3,3	75-87	9671	Велика витрата реагенту
Фільтрпрес	ФПАВЗО О	7	19	60	8562	
Центрифуга	ОГШ-631К-2	3	100	65	4708	

Для досягнення меншої вологості осаду використовують його попередню сушку після механічної обробки Барабанні сушарки одержали найбільше поширення для термічної сушки зневоднених осадів стічних вод. Такі сушарки випускаються діаметром 1 ... 3,5 м і довжиною 4 ... 27 м, продуктивністю випаровування води 0,3 ... 15 т/год. У сушарках осад підсушується до вологості 30 ... 40% і являє собою сипучий полідисперсний матеріал.

В останні роки набули поширення сушарки із зустрічними струменями газо-суспензії. Суть методу сушіння у зустрічних струменях полягає в тому, що частинки матеріалів, перебуваючи у гарячому газовому потоці, тобто утворюючи разом з ним так звану газову суміш, рухаються по співвісних горизонтальних трубах назустріч один одному і в результаті ударної зустрічі струменів вступають у коливальний рух, проникаючи з одного струменя в інший. Це призводить до збільшення істинної концентрації матеріалів в зоні сушіння.

При досить високих швидкостях руху сушильного агента відбувається подрібнення матеріалу. При цьому також збільшується сумарна площа поверхні тепло- і масообміну [22].

До сушарок конвективного типу відносяться сушарки з так званим киплячим, або псевдозрідженим, шаром. Тривалість сушіння матеріалу в киплячому шарі різко скорочується. Переваги цього способу сушіння полягають в інтенсивному перемішуванні твердих частинок і теплоносія, в більшій площі поверхні контакту фаз, а також у простоті конструкції сушарки.

Очистка відхідних газів

При термічній утилізації осаду відбувається утворення димових газів, які містять шкідливі домішки та високу температуру. Для очищення газів від різного роду домішок застосовується триступеневе очищення в мокрому скрубєрі. На першому етапі застосовуються електрофільтри, які відділяють часточки золи. Після електростатичного пиловловлення розташовуємо обладнання другої і третьої ступені мокрого промивання газів з системою автоматичного дозування реагентів в циркулюючий поглинаючий розчин. Димові гази послідовно проходять дві стадії мокрого очищення - промивка газів в кислотному і лужному скрубєрах. У кислотному скрубєрі відбувається насичення циркулюючого зрошувального розчину, кислотою конденсованої з димових газів, і, тим самим, створюється кисле середовище з рН 1-3 одиниці, яке може зв'язувати важкі метали в солі, що видаляються з димових газів зі зливною водою скрубєрів. Далі, в лужному скрубєрі відбувається активне зв'язування решти кислотоутворюючих газів за рахунок дозування луку в циркулюючий контур зрошувальної рідини. На другій стадії промивання газів для ефективного очищення від ртуті, в насадку абсорбера вводиться спеціальний реагент ТМТ15 (тринатрієва сіль тримеркапто-S-триазину $C_3N_3S_3Na_3 \cdot 3H_2O$). Цей реагент призначений для хімічного зв'язування ртуті в циркулюючій рідині скрубєра, чим забезпечується більш висока ефективність видалення ртуті, а також кадмію та деяких інших важких металів. Стічні води від мокрого газоочищення відповідають вимогам Директиви ЄС 2000/76 у відношенні концентрацій небезпечних речовин у стічних водах систем газоочищення сміттєспалювальних заводів.

Утилізація золи

Зола від спалювання осадів стічних вод переважно складається з дрібнодисперсного мінерального пилу, двоокису кремнію, оксидів фосфору, заліза, та інших металів. Зола є відходом IV класу небезпеки.

Застосування золи здійснюється: в будівельній промисловості, як наповнювач деяких матеріалів; при дорожньому будівництві в якості часткової заміни одного з елементів сумішей, зазвичай це цемент або пісок; а також для відновлення фосфору, як мінерального добрива.

Достатньо вивченим є застосування золи ОСВ у виробництві керамічної цегли. Проводились дослідження по використанню золи у виробництві бетонів, але через низьку частку використання золи (до 6%), такий вид використання є недоцільним. Проте при виробництві піно-зола-бетонів, частка використання золи досягає 32%.

Новим способом застосування золи є плавлення в електропечах. Під дією високих температур зола переходить у склоподібний стан, чим досягається зменшення обсягів золи, та знижується агресивність сполук важких металів, за рахунок їх переходу в зв'язаний стан. Отриманий матеріал після охолодження набуває вигляду скляної крихти, яку застосовують у виробництві плитки для підлогового покриття, абразивів, шиферної покрівлі, асфальту, герметичних наповнювачів. Однак даний спосіб використання золи є досить затратним, через великий обсяг витраченої на процес плавлення електроенергії та необхідності будівництва спеціальної печі.

Більш реальним і доцільним способом утилізації золи є використання при виробництві пінобетонів. Частка використаної золи становить 22-26%.

2.4.2 Використання осаду в якості добрива

Сьогодні використання збродженого осаду в якості добрива не набуло широкого поширення через вміст в ньому іонів важких металів.

На деяких ділянках вміст важких металів перевищує гранично допустимі концентрації, в першу чергу це стосується мулових молів, де зберігається осад стічних вод тривалого зберігання (ділянки №1,2,3), особливо в горизонті 20-40 см. Свіжий ОСВ загалом відзначається меншим вмістом таких елементів як Cu, Zn, Ni, Cr. Це може бути пов'язано з тим, що у різний час склад стічних вод, що подавалися на мулові поля, був різним – якщо протягом кількох останніх років на станцію аерації в основному подаються побутові відходи та стоки, то раніше значний відсоток стоків становили відходи промислових підприємств, до складу яких входила велика кількість важких металів, зокрема міді і хрому. Крім того, це зумовлено природними процесами вимивання хімічних сполук з верхнього шару та їх накопичення в нижньому, а також переходом недоступних для рослин сполук металів у кислотно-розчинні форми при тривалому зберіганні.

В Україні при визначенні можливості утилізації осадів у виді добрив варто керуватися технічними умовами – ТУ України 204-76-93, відповідно до яких нормується валовий вміст важких металів у мг/кг сухої речовини в залежності від частоти використання і виду вирощуваних культур. Наприклад, при вирощуванні зернових і технічних культур припустима величина вмісту одного з важких металів – кадмію при використанні осадів один раз у рік складає 3–5 мг/кг сухої речовини, один раз у 3 роки – 5–15 мг, один раз у 5 років – 15–30 мг, для іншого представника важких металів – ртуті відповідно 2–5, 5–10, 10–15 мг [25].

ОСВ мають ознаки і властивості як емульсії, так і суспензії. З одного боку, у дисперсійному середовищі (воді) присутні частки органічних речовин, поверхня яких покрита шаром відсорбованих розчинених органічних сполук, тобто відсутня границя тверде тіло – вода. З іншого боку, структурно-механічні властивості цієї системи в значній мірі визначаються твердими частками. Співвідношення властивостей емульсії і суспензії залежить від дисперсності твердої фази і зв'язаного з нею вмісту органіки, що складає в безводній частині осаду по масі 3–30, по обсязі 15–70 %, а іноді і більш.

При фільтруванні осадів через фільтруючі тканини встановлено, що поряд з утворенням шару відфільтрованого осаду відбувається інтенсивне закупорювання пор фільтруючої тканини колоїдами або подібними частками, що приводить до швидкого зменшення швидкості фільтрування в наступних циклах. Тому в якості фільтрувальної перегородки використовуємо тканини з попередньо намитим на неї шаром одноразового використання з фільтруючої допоміжної речовини – вуглелужного реагенту [26].

Виконано математичний опис процесу фільтрування осадів через фільтруючі тканини з намитим шаром ВЛР. Отримано наступні залежності:

$$dR/dq = K_1 \cdot R_3^{0,5} + K_2, \quad (2.14)$$

$$dR/dq = K_3 \cdot R_{oc} + K_2, \quad (2.15)$$

$$R_3^{0,5}/R_{oc} = K = r^{0,5}/(r_0 x_0), \quad (2.16)$$

де r_0 – питомий об'ємний опір осаду, м/кг; x_0 – відношення об'ємів відфільтрованого осаду і фільтрату; R_{oc} – опір осаду, м/кг; $K_1 = 2r^{0,5}$; $r_0 x_0 = K_2$; $K_3 = 2 \cdot r / (r_0 x_0)$; $K = K_3 / K_1$; K – константа закупорювально-осадового процесу фільтрування; R – загальний опір осаду та фільтрувальної перегородки, м/кг; q – об'єм фільтрату, м³/м².

У виразі (2.16) константа K показує співвідношення між опорами закупорювання (R_3) й осаду (R_{oc}), що зберігається постійним протягом циклу фільтрування. Отримані закономірності дозволили обґрунтувати застосування ВЛР для підвищення ефективності фільтрування осадів міських стічних вод.

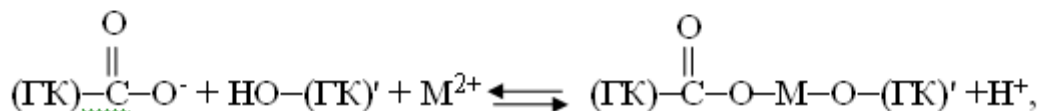
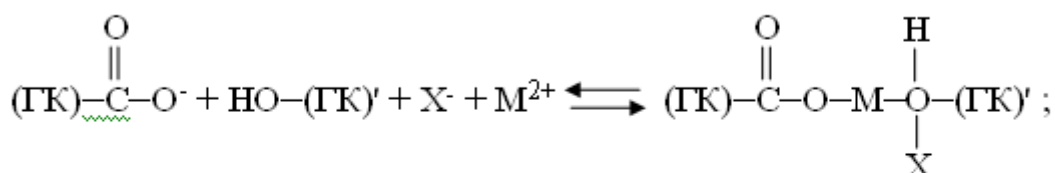
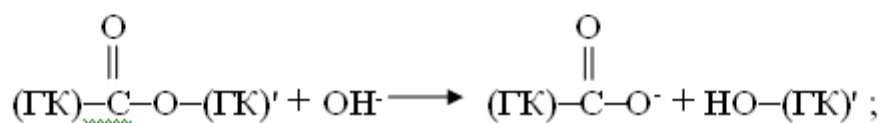
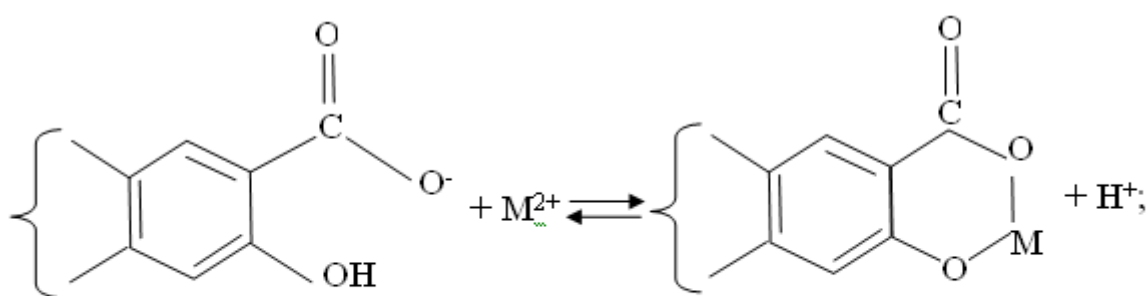
Вуглець утримується у складі часток ВЛР. Суспензію з ОСВ концентрацією 15 % намивали на фільтротканину – бавовняний бельтинг – шаром 2,5 мм. Фільтрування проводиться при 20⁰С.

Дослідженнями встановлено, що обробка осадів за допомогою ВЛР дозволяє знизити концентрації важких металів в осадах до концентрацій, що не перевищують санітарні норми їхнього вмісту в добривах сільськогосподарських угідь. При цьому важкі метали усіх форм (зв'язані,

рухливі, водорозчинні) включаються до складу міцних розчинних гумінових комплексів, що не представляють небезпеки для навколишнього середовища (водних об'єктів).

Визначальним для з'ясування можливості вилучення з осадів важких металів є вивчення механізму іонного обміну між компонентами гумінових речовин (на прикладі гумінової кислоти) і катіонами – іонами важких металів.

Запропоновано рівняння (наведені нижче), що дозволили обґрунтувати процес іонного обміну з утворенням комплексів молекул гумінової кислоти з важкими металами на прикладі двовалентних металів.



де (ГК) – гумінова кислота з внутрішньомолекулярним зв'язком з металами; (ГК)' – гумінова кислота з міжмолекулярним зв'язком з металами; M^{2+} – іон важкого металу; X – додатковий комплекс гумінової кислоти з важкими металами (M^{n+}); n – валентність металу.

Аналогічний механізм характерний і для металів іншої валентності (більш низкою, наприклад, Cu^+ і більш високою, наприклад, Cr^{+3} , Cr^{+6}) у зв'язку з тим, що в складі гумінових речовин містяться різні гумінові кислоти (ГК, $\text{ГК}'$ і інші), що володіють явно вираженими хелатними властивостями стосовно важких металів різної валентності. Можливі, як мінімум, два способи зв'язку катіонів: перший – відповідає гідролізові внутрішньомолекулярної гумінової кислоти (ГК), другий – міжмолекулярної ($\text{ГК}'$).

Найбільш доступною і розповсюдженою в Україні речовиною, у складі якої утримується значна кількість гумінових речовин (комплексів), є продукт переробки бурого вугілля, у результаті якої одержують вуглелужний реагент. ВЛР є порівняно дешевим і недефіцитним реагентом, що має комплекс поверхнево-активних і іонообмінних властивостей, які визначають можливість його використання для вилучення важких металів із ґрунтів, стічних вод і осадів міських і промислових стічних вод. ВЛР виробляється підприємством ТОВ “Торговий дім” “Нафтохімпром”(м. Олександрія, Кіровоградська область, Україна).

Для обробки осадів використовували 1–2 % водний розчин ВЛР. Концентрацію ВЛР змінювали в межах від 0,09 до 0,44 кг/м^3 . Встановлено, що найбільш ефективною концентрацією є 0,18–0,26 кг/м^3 . Менші дози не дають необхідного ефекту видалення важких металів, великі – сприяють стабілізації завислих часток, тобто перешкоджають осадженню (розподілу) при відстоюванні і збезводненні, наприклад, центрифугуванні. Доза ВЛР 0,18–0,26 кг/м^3 сприяє флокуляції часток осаду і збільшує ефективність збезводнення на центрифугах, замінюючи флокулянти [26].

Діючою речовиною в складі ВЛР є гумінові речовини, зокрема, гумати натрію. При цьому рухливі й розчинні у воді важкі метали вилучаються з осаду цілком.

Для реалізації розробленої технології доцільно здійснювати збезводнення осаду на фільтрпресах зі стаціонарним намивним шаром з ВЛР або на центрифугах з рухливим шаром ВЛР. Рідку фазу (фільтрат або фугат)

варто обробляти при використанні слабого підкислення до значень $\text{pH} = 6,5\text{--}6,8$, що дозволить осадити гумінові комплекси, які містять важкі метали, у спеціально виділених для цього спорудах (відстійниках). Кількість цього осаду складає 0,01 % від первісної кількості осаду [26]. Для інтенсифікації процесів згущення і збезводнення осадів міських стічних вод доцільно застосовувати неорганічні електроліти-коагулянти в комплексі з органічними катіонними флокулянтами. Їхнє застосування інтенсифікує процес збезводнення осадів як на мулових полях, так і в апаратах механічного збезводнення – фільтр-пресах і центрифугах. Найбільш ефективним коагулянтом при збезводненні осадів міських стічних вод є сірчаноокислий алюміній дозою 30–50 мг/дм³, який варто застосовувати в комплексі з одним з катіонних флокулянтів, наприклад, ВПК-402 дозою 0,5–1,0 мг/дм³, ПЕІ дозою 1,0–2,0 мг/дм³ та ін. [25].

При застосуванні камерних фільтрпресів з вертикальними плитами оброблені осадки мають залишкову вологість 67–76 % при високій якості фільтрату. Як найбільш прийнятний реагент прийнято розчин $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ при нормі витрати 1–1,5 кг активної речовини на м³ суспензії. В якості фільтруючої перегородки рекомендується лавсанова фільтрувальна тканина ТЛФ-300.

При перерахованих параметрах і умовах розрахункова питома продуктивність камерного фільтрпреса при збезводненні ОСВ складає 85–100 м³•10-3/м²•год або 42,5–50 м³/год з одного фільтрпреса поверхнею фільтрування 500 м². Таким чином, для збезводнення ОСВ рекомендується застосовувати фільтрпреси вітчизняного виробництва.

Висновки до розділу 2

1. В розділі розглянута характеристика зброженого осаду. Визначено, що крім великого вмісту біогенних елементів в осаді присутні іони важких металів. Концентрації важких металів перевищують ГДК, тому для

збереження природного вмісту даних елементів у ґрунтах потрібне доочищення зброженого осаду.

2. Здійснено моделювання процесів міграції важких металів у підземні води та встановлена залежність концентрації важких металів у воді від відстані поширення та часу фільтрації.

3. Розглянуто методи утилізації зброженого осаду, а саме – спалювання та використання в якості органічних добрив. Використання зброженого осаду в якості добрива не набуло широкого поширення через вміст в ньому іонів важких металів. Це потребує попереднє очищення зброженого осаду від іонів важких металів.

4. Оскільки осад після очищення стічних вод має високу вологість (93-97%) для його спалювання необхідне зневоднення.

5. Доцільніше спалювати осад у печі киплячого шару. Це дозволить:

- зменшити об'єм та вагу осаду, що дозволяє зберегти земельні ділянки;
- новітні технології та системи по очищенню димових газів, мінімізують шкідливий вплив на атмосферу;
- отримати електричну та теплову енергію;
- отримувати прибуток від реалізації населенню та підприємства частки невикористаної теплової та електричної енергії.

3 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

Оцінка негативного впливу на природу базується на двох основних альтернативних підходах. Перший враховує фактичну (по можливості - повну) оцінку заподіяного збитку, другий - попередні витрати на запобігання можливих збитків. Перший тип оцінок визначає фактичні збитки або витрати, спрямовані на ліквідацію негативних наслідків дії на навколишнє середовище, другий - на потенційні збитки внаслідок негативного впливу. Цей останній іноді називають можливим (або, очікуваним). Робота над ліквідацією заздалегідь передбачених збитків прогнозує впровадження різного виду захисних заходів щодо недопущення збитків.

Метою еколого-економічної оцінки є:

- попередження негативного впливу проектів на навколишнє середовище;
- комплексне еколого-економічного обґрунтування проектів будівництва або реконструкції підприємств.

Проектовані об'єкти повинні відповідати всім діючої на час проектування стандартам і положенням з екології виробництва (наприклад, "Санітарним нормам проектування промислових підприємств", "Правилам установлення 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.

3.1 Розрахунок капіталовкладень на введення в технологічний процес нових елементів утилізації осадів стічних вод

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

Матеріали і устаткування, які необхідні для введення в дію багатоподової печі з попереднім зневодненням на 7 фільтрпресах з цінами наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Витрати на матеріали і устаткування для багатоподової печі

№ п/п	Найменування	Вартість
		млн. грн.
1	Система зневоднення осадів:	
1.1	Збірні резервуари для сирого осаду та надлишкового активного мулу $2 \times 600 \text{ м}^3$	0,54
1.2	Фільтрпреси з продуктивністю $5,1 \text{ кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$, 7 шт	18,42
1.3	Приміщення для фільтрпресів	0,30
1.4	Залізобетонні резервуари $2 \times 300 \text{ м}^3$ для зневоднених осадів	0,40
1.5	Насосна станція подачі зневоднених осадів в багатоподову піч	0,61
1.6	Інженерні мережі	0,45
2	Система спалювання осаду:	
2.1	Приміщення для установки	0,60
2.2	Конвеєр подачі осаду	0,47
2.3	Бункер $2 \times 300 \text{ м}^3$	0,40
2.4	Повітродувні вентилятори $3 \times 100 \text{ м}^3$	0,17
2.5	Багатоподова піч	41,7
3	Система виробництва теплової та електричної енергії:	
3.1	Генераторна станція на 8 генераторів по 1048 кВт на годину кожний	25,70
3.2	Приміщення станції	0,58
3.3	Енергорозподільча система	2,02
4	Очистка газів:	
4.1	Мокрий пиловловлювач	0,23
5	Утилізація золи:	
5.1	Приміщення для складування	0,13
6	Разом:	92,72

Матеріали і устаткування, які необхідні для введення в дію піч з киплячим шаром з цінами наведені в табл. 3.2. Враховуючи, що на БСА присутні 3 центрпреси, тому для попереднього зневоднення потрібно ще 2.

Таблиця 3.2 – Витрати на матеріали устаткування для печі киплячого шару

№ п/п	Найменування	Вартість
		млн. грн.
1	Зневоднення осаду:	
1.1	Центрипрес продуктивністю 30 м ³ /годину – 2 шт. в комплекті	10,08
1.2	Перенесення 3 існуючих центрипресів	1,51
1.3	Приміщення для центрипресів	0,45
2	Система спалювання осаду:	
2.1.	Приміщення для установки	0,30
2.2.	Конвеєр подачі осаду	0,45
2.3.	Бункер 2 × 300 м ³	0,40
2.4	Повітровувні вентилятори 2× 100 м ³	0,11
2.5	Піч киплячого шару	23,8
3	Система виробництва теплової та електричної енергії:	
3.1	Генераторна станція на бгенераторів по 1048 кВт на годину кожний	19,28
3.2	Приміщення станції	0,35
3.3	Енергорозподільча система	1,98
4	Очистка газів:	
4.1	Мокрий пиловловлювач	0,23
4.2	Рекуператор	0,02
5	Утилізація золи:	
5.1	Приміщення для складування	0,09
6	Разом	59,05

Матеріали і устаткування, які необхідні для введення в дію барабанної печі з цінами наведені в таблиці 3.3. Враховуючи, що на БСА присутні 3 центрипреси, тому для попереднього зневоднення потрібно ще 2.

Таблиця 3.3 – Витрати на матеріали і устаткування для барабанної печі

№ п/п	Найменування	Вартість
		млн. грн.
1	Зневоднення осаду:	
1.1	Центрипреси продуктивністю 30 м ³ /годину – 2 шт. в комплекті	10,08
1.2	Перенесення 3 існуючих центрипресів	1,51
1.3	Приміщення для центрипресів	0,45

Продовження таблиці 3.3

2	Система спалювання осаду:	
2.1.	Конвеєр подачі осаду	0,45
2.3.	Бункер $2 \times 300 \text{ м}^3$	0,40
2.4	Повітровувні вентилятори $4 \times 100 \text{ м}^3$	0,22
2.5	Барабанна піч	34,9
3	Система виробництва теплової та електричної енергії:	
3.1	Генераторна станція на 9 генераторів по 1048 кВт на годину кожний	28,92
3.2	Приміщення станції	0,35
3.3	Енергорозподільча система	2,40
4	Очистка газів:	
4.1	Мокрий пиловловлювач	0,23
5	Утилізація золи:	
5.1	Приміщення для складування	0,11
6	Разом	80,02

Отже, найменших затрат потребує піч киплячого шару за рахунок малих витрат на зневоднення зброженого осаду.

Матеріали і устаткування, які необхідні для використання зброженого осаду в якості добрива з цінами наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Витрати на матеріали і устаткування для використання зброженого осаду в якості добрива

№ п/п	Найменування	Вартість
		млн. грн.
1	Очищення осаду від іонів важких металів:	
1.1	Збірні резервуари для сирого осаду та надлишкового активного мулу $2 \times 600 \text{ м}^3$	0,54
1.2	Фільтрпреси, 7 шт	28,80
1.3	Приміщення для фільтрпресів	0,30
1.4	Залізобетонні резервуари $2 \times 300 \text{ м}^3$ для зневоднених осадів	0,40
2	Система доочистки фугату:	
2.1	Бункер $2 \times 300 \text{ м}^3$	0,40
3	Транспортування:	
5.1	Приміщення для складування	38,44
5.2	Придбання машин для вивозу	1,50
6	Разом	70,38

На рис. 3.1 показані витрати на впровадження чотирьох варіантів. Проаналізувавши діаграму 3.1, робимо висновок, що доцільно спалювати зброджений осад в печі киплячого шару.

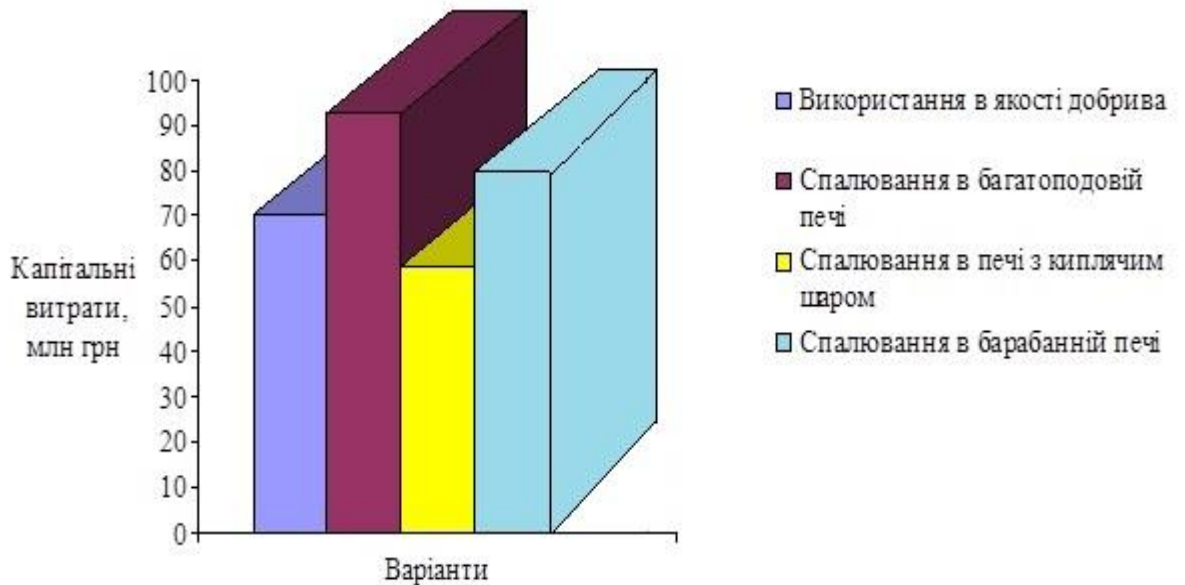


Рисунок 3.1 – Витрати на впровадження всіх варіантів

Очікувані витрати на введення комплексної технології підготовки та збродження осадів в технологічний процес очистки стічних вод складатиме:

Очікувані витрати на нововведення розрахуємо по формулі 3.1:

$$Ц = B_{M.V} + B_{M.P} + B_{П.Н} + B_{Т.} + B_{К}, \text{ грн.} \quad (3.1)$$

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

$$B_{M.V} = 59\,050\,000 \text{ грн.}$$

$B_{M.P}$ – 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 формулою 3.2,

$$B_{M.P} = B_{M.Y} \times 0,2, \text{ грн.}, \quad (3.2)$$

і складають:

$$B_{M.P} = 59050000 \times 0,2 = 11810000 \text{ грн.},$$

Витрати на пусконаладжувальні роботи складають 5 % від витрат на матеріали і устаткування та розраховуються за формулою 3.3,

$$B_{M.P} = B_{M.Y} \cdot 0,05, \text{ грн.}, \quad (3.3)$$

і складають:

$$B_{M.P} = 59050000 \times 0,05 = 2952500 \text{ грн.},$$

Транспортні витрати складають 562 060 грн, а витрати на складання кошторисно-проектної документації 150 411 грн.

Отже очікувані витрати на нововведення складатимуть, за формулою 3.1:

$$Ц = 59050000 + 11810000 + 2952500 + 562060 + 150411 = 74524971 \text{ грн.}$$

3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на утилізацію збродженого осаду за запропонованою технологією

Очікувані щорічні витрати коштів на спалювання збродженого осаду та механічного зневоднення осаду можна обчислити за формулою:

$$B_{\text{заг.ПР}} = B_{\text{ЕЛ}}, \text{ грн.} \quad (3.4)$$

де $B_{\text{ел}}$ – витрати електроенергії грн.

Згідно тарифам на електроенергію плата за 1 кВт × год. складає – 0,229 грн. В грошовому еквіваленті річні витрати електроенергії $B_{\text{ЕЛ}}$ можна порахувати за формулою 3.5:

$$B_{\text{ЕЛ}} = W \cdot C_{1\text{кВт}}, \text{ грн} \quad (3.5)$$

Електроенергія, що витрачається, може умовно розподіляться на:

- річна кількість електроенергії, необхідна на механічне зневоднення осадів:

$$\begin{aligned} 200 \text{ кВт} \times \text{год} \times 5 \text{ центрипресів} &= 1000 \text{ кВт} \times \text{год} \times 24 \times 365 = \\ &= 8\,760\,000 \text{ кВт} \times \text{годин на рік.} \end{aligned}$$

$$8\,760\,000 \text{ кВт} \times \text{год} \times 0,229 = 2\,006\,040 \text{ грн};$$

- річна кількість електроенергії, необхідна для роботи насосної станції подачі зневоднених осадів в піч киплячого шару;

За даними специфікації річна кількість електроенергії необхідної для обладнання насосної станції становить 1 100 200 , тоді за формулою 3.5:

$$1\,100\,200 \text{ кВт} \times \text{год} \times 0,147 = 251\,945,8 \text{ кВт} \times \text{год};$$

- річна кількість електроенергії необхідної для роботи шести генераторів по 1048 кВт×год кожний:

$$1048 \text{ кВт} \times \text{год} \times 6 \times 24 \times 365 = 55\,082\,880 \text{ кВт} \times \text{год на рік}$$

$$55\,082\,880 \text{ кВт} \times \text{год} \times 0,229 = 12\,613\,979,52 \text{ грн};$$

- річна кількість електроенергії необхідної на роботу печі киплячого шару:

$$3741 \text{ кВт} \times \text{год} \times 24 \times 365 = 32\,771\,160 \text{ кВт} \times \text{год на рік}$$

$$32\,771\,160 \text{ кВт} \times \text{год} \times 0,229 = 7\,504\,595,64 \text{ грн};$$

Отже, розраховуємо витрати на електроенергію:

$$B_{el} = 2006040 + 251945,8 + 12613979,52 + 7504595,64 = 22376560,96 \text{ грн}$$

Очікувані щорічні витрати коштів на роботу цеху спалювання можна обчислити за формулою 3.4:

$$B_{заг\text{ ПР}} = 22376560,96 \text{ грн}$$

Прибутки від запропонованих заходів будуть наступними:

Виробництво електроенергії при тарифі 0,229 грн. за 1 кВт/год

$$158\,400\,000 \times 0,229 = 36\,273\,600 \text{ грн.}$$

Економія електроенергії за рахунок виключення насосів по перекачування осадів на мулові поля та мулової води з полів:

$$315 \text{ кВт} \times 24 \times 365 + 250 \text{ кВт} \times 24 \times 365 = 4\,949\,400 \text{ кВт} \times \text{годин/рік}$$

$$4\,949\,400 \times 0,229 = 1\,133\,412,6 \text{ грн}$$

Економія електроенергії за рахунок виведення з роботи нагнітача (при зменшенні забруднень у стічній воді, що подається на очистку за рахунок виключення подачі зворотної мулової води з мулових полів):

$$925 \text{ кВт} \times 24 \times 365 = 8\,103\,000 \text{ кВт} \times \text{годин/рік}$$

$$8\,103\,000 \times 0,229 = 1\,855\,587 \text{ грн.}$$

Загальний прибуток від запроваджених нововведень складає:

$$36\,273\,600 \text{ грн} + 11\,334\,12,6 \text{ грн} + 1\,855\,587 \text{ грн} = 39\,262\,599,6 \text{ грн}$$

Термін окупності запропонованих заходів визначається за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K}{З}, \quad (3.6)$$

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

$З$ – зменшення щорічних витрат для забезпечення роботи цеху обробки осаду, грн.;

K – величина використаних капіталовкладень;

$$З = З_1 - З_2, \text{ грн} \quad (3.7)$$

де $З_1$ – щорічні витрати до впровадження нововведень, які складають 40 816 246 грн.;

$З_2$ – очікувані щорічні витрати після впровадження нововведень, які складають 22 376 560, 96 грн.

$$З = 40\,816\,246 - 22\,376\,560,96 = 18\,439\,685,04 \text{ грн.}$$

Враховуючи прибуток з виробництва електроенергії при спалюванні осаду, маємо:

$$З = 18\,439\,685,04 + 36\,273\,600 = 54\,713\,285,04 \text{ грн.}$$

Отже, термін окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{74524971}{54713285,04} = 1,4 \text{ року}$$

Техніко-економічні розрахунки за проектом наведені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Техніко-економічні розрахунки за проектом

№ п/п	Найменування	Вартість, млн. грн.
1	Виробництво електричної енергії при тарифі 0,147грн. за 1 <i>кВт/год</i>	36,27
2	Економія електроенергії за рахунок виключення насосів по перекачування осадів на мулові поля та мулової води з полів	1,13
3	Економія електроенергії за рахунок виведення з роботи нагнітача (при зменшенні забруднень у стічній воді, що подається на очистку за рахунок виключення подачі зворотної мулової води з мулових полів)	1,85
	ВСЬОГО:	39,25

Висновки до розділу 3

Отже, термін окупності мулоспалювальної установки складає 1 рік і 4 місяці. Спалювання зброженого осаду в печі з киплячим шаром дасть змогу зменшити екологічне навантаження на ґрунти та підземні води та мінімізувати площі під мулові поля. Використання даного методу утилізації зброженого осаду є економічно та екологічно вигідним.

4 СТАРТАП-ПРОЕКТ «ВПРОВАДЖЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ НАДЛИШКОВОГО МУЛУ НА СТАНЦІЯХ АЕРАЦІЇ»

Головною ідеєю стартап-проекту є впровадження нової технології утилізації надлишкового мулу на станціях аерації з застосуванням ресурсозбереження. Дана технологія не тільки дозволить вирішити низку проблем викликаних наявними способами утилізації, але і забезпечить отримання енергії, яку підприємство зможе використати на свої потреби, а надлишок продавати населенню.

За існуючих обставин альтернатив запропонованій технології утилізації осаду стічних вод для таких великих обсягів (щодобово на станціях утворюється близько 12000 м³ осаду) практично немає.

4.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту

Розроблення стартап-проекту розпочнемо з обґрунтування цілей етапів реалізації стартап-проекту[27]:

1. Етап обґрунтування актуальності та новизни інноваційної ідеї – задоволення нових потреб споживачів, подолання певних суперечностей поточних технологічних процесів, вдосконалення діючих технологій та устаткування тощо;

2. Етап аналізу конкурентного середовища – виявлення можливих конкурентів-виробників, які виготовляють схоже обладнання або пропонують схожі технології та здійснення порівняльного аналізу техніко-економічних переваг та недоліків реалізації запропонованої ідеї;

3. Етап обґрунтування ресурсного забезпечення проекту – визначення необхідних матеріальних, трудових, капітальних ресурсів, ключових процесів, технологій, обладнання та реалізації проекту в часі і просторі;

4. Етап фінансового забезпечення реалізації проекту – обґрунтування собівартості та ціни реалізації інноваційної ідеї;
5. Інвестиційний етап реалізації стартап-проекту – пошук потенційних інвесторів фінансування стартап-проекту;
6. Маркетинговий етап реалізації проекту – Обґрунтування каналів збуту продукту стартап-проекту, залучення потенційних споживачів, формування необхідних сегментів ринку.

4.2 Обґрунтування актуальності та новизни інноваційної ідеї стартап-проекту

Актуальність ідеї полягає у вирішенні проблеми утилізації осаду, мінімізації площ під мулові поля, зменшенні витрат підприємством на електроенергію та опалення за рахунок власного виробництва. Новизною ідеї є застосування методу спалювання для утилізації осаду, який раніше не застосовувався в Україні. Характеристика основних переваг пропонованої технології та вигоди від її використання наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 –Актуальність та новизна ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Утилізація надлишкового мулу на станціях аерації з отриманням теплової та електричної енергії.	Утилізація осаду стічних вод Отримання теплової та електричної енергії	Повне знешкодження осаду стічних вод; економія земельних площ під мулові поля; зменшення або повна відсутність витрат на оплату комунальних послуг, за рахунок власного виробництва енергії; отримання додаткових коштів при продажі надлишку електричної енергії населенню.

4.3 Аналіз конкурентного середовища

Проаналізувавши конкурентне середовище, встановлено, що на ринку відсутні конкуренти, що пропонують схожі технології. Єдиним способом утилізації осаду в Україні залишається його накопичення на мулових полях.

Техніко-економічні переваги пропонованої ідеї наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2– Переваги ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Стартап проект	Накопичення осаду на мулових полях
1	2	3	4
1.	Екологічність	Повне знешкодження осаду стічних вод; зменшення викидів парникових газів в атмосферу; відсутність загрози забруднення підземних вод	Випаровування парникових газів на мулових полях; загроза прориву насипних дамб; забруднення підземних вод.
2.	Економічність	Зменшення витрат на теплову та електричну енергію підприємством, за рахунок отримання енергії від процесу спалювання.	Мінімальні витрати електричної енергії для перекачування осаду на мулові поля.

У табл. 4.3 наведені загальні результати здійсненого SWOT-аналізу потенційних загроз та можливостей реалізації стартап-проекту.

Таблиця 4.3 – Матриця SWOT-аналізу стартап-проекту

<i>Сильні сторони</i>	<i>Слабкі сторони</i>
1. Вирішення проблеми утилізації осаду стічних вод 2. Новизна способу утилізації на державному ринку 3. Економія коштів за рахунок власного виробництва теплової та електричної енергії 4. Відсутність загрози забруднення підземних вод 5. Зменшення викидів парникових газів	1. Потреба в будівництві додаткового цеху по утилізації осаду 2. Досить висока вартість обладнання та установок
<i>Можливості</i>	<i>Загрози</i>
1. Можливість використання на всіх очисних спорудах країни 2. Вихід на міжнародний ринок	1. Негативні зміни з боку законодавства 2. Відсутність бажання підприємств змінювати технологію утилізації

4.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Планується використання наступних видів ресурсів: матеріальні, капітальні, інтелектуальні. До матеріальних ресурсів віднесено осад стічних вод, що утворюється на очисних каналізаційних спорудах та осад накопичений на мулових полях; до капітальних – витрати на будівництво додаткового цеху, закупка установок та обладнання; до інтелектуальних – науково та комерційно цінну інформацію щодо ресурсозберігаючої технології утилізації надлишкового мулу на станціях аерації.

4.5 Ключові види діяльності та ключові партнери

Короткий опис видів діяльності, направлених на реалізацію завдань проекту описано в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Спалювання осаду стічних вод	Налагодження зв'язків з картонно-паперовими підприємствами України	Повне знешкодження надлишкового мулу
Виробництво електричної та теплової енергії	Рекуперація тепла димових газів, когенерація енергії з біогазу отриманого в метантенках	Забезпечення власних потреб
Збут залишків невикористаної електроенергії	Вироблена енергія використовується підприємством на власні потреби, залишки невикористаної електроенергії поставляються в загальну мережу	Отримання додаткового прибутку
Управління виробництвом	Моніторинг діяльності установки, контроль відповідності діяльності чинному законодавству	Безперебійна ефективна діяльність установок, налагодженість всіх процесів виробництва

Визначити ключових партнерів як постачальників необхідних матеріальних, капітальних, трудових, енергетичних ресурсів, сервісного обслуговування тощо, наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Ключові партнери

Інформація	Партнер 1	Партнер 2
Назва організації-партнера	ТОВ ГЕФЕСТ	ТОВ ІНЕРІС

Місце розташування	м. Київ	м. Київ
Юридичний статус	Юридична особа	Юридична особа
Інформація	Партнер 1	Партнер 2
Офіційна адреса	пр.Перемоги 67 м.Київ, 03062	вул.Набережна 9 м.Київ, 25006
Контактна особа	Капля Олег Вікторович	Сергій Павлович Ісаєв
Телефон	+380 97 0697070	+380 444 240307
Електронна адреса	http://www.sushilka.kiev.ua	http://www.ineris.com.ua
Роль та залученість до цього проекту	Постачання необхідних матеріалів	Надання необхідних матеріалів та послуг
Завдання, які покладаються на організацію партнера в реалізації проекту	Проектування і виробництво: сушильних камер з системами енергозбереження	Розробка і виробництво широкого асортименту різного технологічного устаткування і металоконструкцій

4.6 Фінансове обґрунтування стартап-проекту

Обґрунтування необхідних витрат, формування на їх основі собівартості реалізації бізнес-ідеї стартап-проекту та формування її ціни. Витратне обґрунтування ціни товару (послуги) передбачає обґрунтування собівартості виробництва товару (надання послуг). Собівартість узагальнює витрати підприємства на виробництво і реалізацію товару (надання послуги). Положення (Стандарт) бухгалтерського обліку – 16 «Витрати» [2], найбільш узагальнений підхід до класифікації витрат, передбачає п'ять економічних елементів:

- прямі матеріальні затрати;
- прямі затрати на оплату праці;
- соціальні відрахування до пенсійного фонду – 22% по заробітній платі;
- амортизація основних фондів та нематеріальних активів для власного виробничого призначення;
- інші прямі витрати;
- загальновиробничі витрати.

4.6.1 Прямі матеріальні затрати

Прямі матеріальні затрати включають в себе: витрати сировини й матеріалів за винятком повернутих відходів, витрати на комплектуючі вироби, витрати палива й енергії, витрати тари й тарних матеріалів, витрати будівельних матеріалів, витрати запасних частин, інші матеріальні витрати [27].

Загальна потреба в ресурсному забезпеченні наведена в табл. 4.6. Прямі матеріальні витрати узагальнено в табл. 4.7.

Таблиця 4.6 – Потреба в ресурсах

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимір.	Кількість ресурсу	Потреба на місяць	Потреба на рік
1.	Сирий осад	кгСР/добу	229 000	6 870 000	82 440 000
2	Надлишковий активний мул	кгСР/добу	228 303	6 849 090	82 189 080
Всього:				<i>13 719 090</i>	<i>164 629 080</i>

Таблиця 4.7 – Прямі матеріальні витрати

№ п/п	Назва	Одиниця вимір.	Кількість, шт.	Загальна вартість
1.	Система для зневоднення осаду	млн.грн	1	12,76
2.	Система спалювання	млн.грн	1	25,06
3.	Система для виробництва енергії	млн.грн	1	21,61
4.	Система очищення димових газів	млн.грн	1	0,25
5.	Утилізація золи	млн.грн	1	0,09
Всього:				59, 05

4.6.2 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту

Розрахунок собівартості узагальнимо в табл. 4.8.

Таблиця 4.7 – Обґрунтування собівартості товару

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн
Собівартість	Табл. 4.7	59 050 000

4.7 Обґрунтування рівня рентабельності товару

Відносна величина прибутку підприємства характеризується рівнем рентабельності. Рівень рентабельності це співвідношення прибутку до витрат виробництва, розрахованих у відсотках:

$$N_{\text{пр.}} = \frac{\Pi}{BB} \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

де Π – прибуток підприємства, BB – валові витрати.

Прибуток підприємства – це кошти, зекономлені на оплаті електричної енергії та опалення гарячої води. За рік експлуатації пропонованої технології отримаємо 158 400 000 кВт електричної енергії. Одночасно з її виробництвом компанія отримує теплову енергію. Теплова енергія, яка виробляється з біогазу та рекуперації димових газів, йде на заміщення газу, який використовувався для опалення адмінбудинків, споруд та цехів підприємства.

Згідно з тарифами на послуги з розподілу електричної енергії ПРАТ «ДТЕК КИЇВСЬКІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ» 1 МВт·год для другого класу напруги коштує 229,29 грн [28]. Отже, підприємство економить 2 988 999,6 грн/рік.

При реалізації виробленої електричної енергії населенню підприємство отримає прибуток у розмірі 36 273 600 грн/рік.

Прибуток підприємства складає:

$$2\,988\,999,6 + 36\,273\,600 = 39\,262\,599,6 \text{ грн/рік}$$

За формулою 4.1 розрахуємо рентабельність товару:

$$N_{\text{пр}} = \frac{39\,262\,599,6}{590\,500\,000} \cdot 100\% = 22,6\%$$

4.8 Цільові групи потенційних споживачів

В обґрунтуванні потенційних споживачів доцільно виявити цільові групи, яким будуть пропонуватися створені обладнання або технології, а

також визначити відповідну стратегію охоплення ринку [29]. В табл. 4.8 наведено цільові групи потенційних споживачів.

Таблиця 4.8 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	КОС м. Київ	Високий	Низька	Легко
2	КОС м. Львів	Високий	Низька	Легко
3	КОС м. Запоріжжя	Високий	Низька	Легко
4	КОС м. Миколаїв	Високий	Низька	Легко
5	Локальні КОС	Високий	Низька	Легко

Відповідно до табл. 4.8 в якості стратегії охоплення ринку обрано стратегію концентрованого маркетингу, тобто увагу зосереджено на одному сегменті ринку.

Обраний сегмент ринку передбачає розроблення базової стратегію розвитку (табл. 4.9)

Таблиця 4.9 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентні позиції відповідно до обраної стратегії	Базова стратегія розвитку*
Ринкові можливості	Концентрований маркетинг	Повне знешкодження осаду стічних вод, екологічність,	Масовий маркетинг

посилення ідеї стартап-проекту		економічність, відсутність абсолютних аналогів на ринку	
-----------------------------------	--	--	--

4.9 Канали збуту

Незважаючи на те, що при використанні послуг посередників виробник певною мірою втрачає контроль за реалізацією товарів, більшість підприємців вважає вигідним залучення посередників. У табл. 4.10 визначено оптимальну систему збуту і коротко описано процес продажу.

Таблиця 4.10 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Оптимальна система збуту
1	На сьогоднішній день споживачі купують продукт безпосередньо у науково- дослідницьких інститутах	Встановлення контактів зі споживачами та їх підтримка	Збут продукції відбувається шляхом виставлення окремих установок технології на спеціальних виставках

4.10 Бізнес-модель проекту

Розробка стартап-проекту - це створення бізнес-моделі комерціалізації науково-технічних розробок. Побудова конкурентної бізнес-моделі є ефективним інструментом вирішення поставлених у роботі задач і представляє структуру найважливіших елементів бізнес-проекту та є джерелом інноваційних ідей і підходів, які можуть бути застосовані в унікальному поєднанні компонентів [30,31]. В таблиці 4.11 представлено структуру бізнес-моделі інноваційної технології.

Таблиця 4.11 – Структура бізнес моделі технології

<u>Ключові партнери</u>	<u>Ключові види діяльності</u>	<u>Цінність пропозиції</u>	<u>Взаємовідносини з клієнтами</u>	<u>Споживачі сегменти</u>
ТОВ ГЕФЕСТ ТОВ ІНЕРІС	Спалювання осаду стічних вод з отриманням енергії	Повне знешкодження осаду стічних вод, відсутність абсолютних аналогів	Довгострокові, збереження постійних лояльних клієнтів, індивідуальний маркетинг	Локальні каналізаційно очисні споруди, очисні споруди великих міст
	<u>Ключові ресурси</u> Матеріальні: осад стічних вод; Фінансові: кошти на закупівлю обладнання, будівництво цеху		<u>Канали збуту</u> Збут продукції відбувається шляхом виставлення окремих установок на спеціальних виставках	
<u>Структура собівартості</u> Капітальні витрати: 59050000 грн		<u>Потоки надходження доходу</u> Інвестори, партнери, продаж надлишку виробленої енергії населенню		

4.11 Аналіз ризиків стартап-проекту

Впровадження та реалізація стартап-проекту може мати значні ризики, тому необхідно проводити обґрунтування ризиків, які залежать від факторів невизначеності.

Інноваційні ризики визначаються ймовірністю втрат підприємства від інвестування засобів у виробництво нового обладнання (технологій), які можуть не знайти очікуваного попиту у споживачів на ринку.

До найбільш значущих мікроекономічних факторів впливу на ризики стартап-проекту належать [32]:

- фінансові ризики зумовлені недостатньо стабільним фінансовим станом підприємства та відсутністю належного фінансування етапів реалізації стартап-проекту;
- організаційні ризики – неефективна організація реалізації стартап-проекту в підрозділах та підприємства в цілому;
- логістичні ризики – неефективна технологія постачання необхідних ресурсів та взаємодії з постачальниками, підрядниками, діловими партнерами;
- кадрові ризики пов'язані з недостатньою професійною компетентністю залучених до реалізації стартап-проекту працівників, відсутністю їх особистої ініціативи або належної координації їх злагодженої роботи в команді;
- маркетингові ризики – відсутність зваженої та чіткої маркетингової стратегії впровадження та реалізації стартап-проекту на ринку.

Інноваційні ризики можуть бути зумовлені рядом причин. Використання більш дешевих методів виробництва обладнання (технологій) у порівнянні з традиційними, можуть принести підприємству тимчасові прибутки доки не з'являться аналоги. Тому необхідно врахувати попит споживачів на пропонований товар. Інноваційні ризики можуть бути зумовлені тим, що

виробництво нового обладнання (технології) здійснюється за допомогою старих засобів виробництва, що суттєво відображається на амортизації, собівартості та якості, тому очікувана якість, величина попиту на нову техніку (технології) буде поставлена під сумнів [33].

При використанні нової технології виробництва ризик інновацій може мати місце через:

- відсутність попиту споживачів на нове обладнання (технологію);
- невідповідність нової технології технічним умовам виробництва нового обладнання (технології);
- неможливість швидкого продажу нової технології через її невідповідність технічним умовам виробництва нової техніки.

Практика реалізації стартап-проектів доводить, що найбільш доцільними методами попередження інноваційних ризиків є:

- подолання причин ризиків шляхом придбання прав власності на інноваційні розробки, залучення до реалізації інноваційного проекту кваліфікованого підрядника тощо;
- попередження інноваційних ризиків, яке може бути як пасивним (коли свідомо приймаються ті ризики, який мають низький рівень негативного впливу на реалізацію інноваційного проекту), так і активним (коли розробляється план дій у випадку настання ризиків, що загрожують інноваційному проекту);
- оптимізація (зниження) ступеня інноваційних ризиків (наприклад, через створення відповідних резервів, страхування ризиків тощо) [31].

Проектні ризики зумовлені неточностями, недостатнім опрацюванням всіх складових реалізації стартап-проекту, ще на етапі його розроблення.

Особливості теорії управління проектними ризиками:

- множинність учасників;
- значна розтягненість у часі;
- складний (комбінований) характер діяльності;
- переважно інтернаціональний характер.

Ідентифікація ризиків (якісний аналіз) передбачає визначення чинників, сфер дії, видів ризиків, етапів і робіт, на яких ризик підвищується.

Комбінований характер проектної діяльності враховується у передінвестиційній фазі, шляхом аналізу ризиків кожного виду діяльності в межах проекту.

Інтернаціональний характер проектної діяльності виявляється в тому, що її учасники можуть належати до юрисдикції різних країн, або мати статус міжнародних організацій [32].

Корегування параметрів проекту – зміна проектних значень певних параметрів на очікувані.

Для зниження проектних ризиків доцільно на етапі проектування стартап-проекту здійснити:

1. Аналіз ринку:

- діагностика та вияв ризиків у ході якісного аналізу;
- оцінка ризиків у ході кількісного аналізу.

2. Вибір методу та засобів управління ризиком. Основні інструменти:

- скасування ризику;
- запобігання та контролювання ризику;
- страхування ризику;
- поглинання ризику.

3. Фінансування ризиків: одночасне використання методу запобігання та контролювання ризиків.

4. Здійснити оцінку результатів.

Етапи формалізованого відображення невизначеностей:

- розроблення ймовірних умов реалізації проекту у вигляді сценаріїв або моделей;
- дослідження початкової інформації про фактори невизначеності з її трансформацією на можливі шляхи та умови її реалізації;

– обґрунтування показників ефективності проекту в цілому з урахуванням невизначеності.

За характером дії ризику поділяють на статичні (чисті) і динамічні (спекулятивні).

Статичні ризики пов'язані із реальними загрозами втрати активів внаслідок завдання збитків власності та через недієздатність суб'єкта господарювання [31].

Залежно від причини втрат статистичні ризики поділяються на:

- ризики ймовірних втрат через негативний вплив на активи підприємства стихійних лих, інших форс-мажорних обставин, злочинних дій;
- впровадження несприятливих для підприємницької діяльності законів, підзаконних актів та постанов;
- загрозу власності третіх осіб, економічну небезпеку та загрози змушеного припинення діяльності основного постачальника або споживача;
- втрату дієздатності ключових працівників підприємства, а особливо його власника.

Динамічні ризики зумовлені непередбаченими змінами вартості основного капіталу, прийняттям помилкових управлінських рішень, ринковими, галузевими або політичними змінами. Динамічні ризики завжди непередбачувані. Вони складні для управління, оскільки зумовлюють або втрати, або збитки.

За терміном дії розглядають ретроспективні ризики (пов'язані з минулими рішеннями, а реалізуються тепер), поточні (зумовлені поточною діяльністю та залежать від постійно діючих факторів ризику), перспективні (зумовлені поточними змінами умов функціонування суб'єктів ризику, що загрожує виникненню ризикових ситуацій в майбутньому).

За факторами виникнення розглядають політичні, економічні ризики.

Політичні ризики пов'язані з нестабільністю національної економіки, державного устрою, діяльності органів влади, етнічними, регіональними проблемами, поляризацією інтересів соціальних груп тощо [32].

Економічні ризики зумовлені несприятливими змінами економічної діяльності підприємства, кон'юнктури ринку, рівнів управління тощо.

Комерційні ризики – пов'язані з процесом реалізації товарів і послуг, що зроблені чи куплені підприємцем. Основними причинами виникнення комерційних ризиків є:

- зниження обсягів реалізації товару внаслідок зниження попиту, витіснення його конкурентними аналогами, введення державних обмежень продажу;
- підвищення закупівельної ціни в ході реалізації підприємницького проекту;
- непередбачуване зниження обсягів продажу порівняно з планованими, що знижує ефект масштабу партії товару та відповідно збільшує питомі витрати реалізованого товару (за рахунок умовно постійних витрат);
- непрогнозована втрата товару;
- втрата якості товару в ході реалізації (транспортування, зберігання), що зумовлює зниження його ціни та загрожує втратою прибутку або навіть банкрутством;
- підвищення витрат обороту капіталу порівняно з планованими результатами через непередбачувані штрафні санкції, відрахування, що зумовлює втрату прибутку підприємства.

Комерційні ризики поділяються на:

- ризики реалізації товару (послуг) на ринку;
- транспортні ризики;
- ризики сприйняття товару (послуги) покупцем;
- ризики платоспроможності покупця;
- ризики форс-мажорних обставини.

За структурною ознакою комерційні ризики поділяються на майнові, виробничі і торгівельні.

Майнові ризики пов'язані з імовірністю втрати майна підприємства через крадіжку, диверсію, порушення технічної та технологічної систем тощо.

Торгівельні ризики обумовлені збитками через затримку платежів, порушення термінів своєчасного постачання товару у процесі його транспортування тощо.

Окремо варто виділити транспортний ризик. В даний час транспортні ризики класифікуються в залежності від ступеню відповідальності в чотири групи: E, F, C, D [32].

Група E включає ситуацію, коли постачальник (продавець) тримає товар на власних складах (Ex Works). Ризик несе постачальник до моменту прийняття товару покупцем. Тому ризики транспортування бере на себе покупець.

Група F містить три конкретні ситуації передачі відповідальності і ризиків:

FCA означає, що ризик і відповідальність продавця переносяться на покупця в момент передачі товару в домовленому місці;

FAS означає, що відповідальність ризику за товар переходять від постачальника до покупця у визначеному договором порту;

FOB означає, що продавець знімає із себе відповідальність після відвантаження товару.

Група C включає ситуації, коли експортер, продавець укладають з покупцем договір на транспортування, але не приймають на себе ніякого ризику.

Остання група D означає, що всі, транспортні ризики лягають на продавця.

Виробничі ризики - ризики, що зв'язані зі збитком від зупинки виробництва внаслідок впливу різних факторів і, насамперед, із втратою чи пошкодженням основних і оборотних фондів (устаткування, сировина, транспорт тощо), а також ризики, що зв'язані з впровадженням у виробництво нової техніки і технології. До основних причин виробничих ризиків відносяться:

- зниження планованих обсягів виробництва і реалізації товару внаслідок зниження продуктивності праці, простою обладнання, втрат

робочого часу, відсутності необхідної кількості вихідних матеріалів, підвищеного відсотку бракованої продукції;

- зниження планованих цін реалізації товару (послугу) через зниження їх якості, несприятливі зміни ринкової кон'юнктури, підвищенням попиту;

- збільшення матеріальних витрат через перевитрату матеріалів, сировини, палива, енергії, а також за рахунок збільшення транспортних витрат, торгових витрат, накладних і інших додаткових витрат;

- зростання фонду оплати праці через перевищення планованої кількості працівників або незаплановане збільшення рівня заробітної плати окремим робітникам;

- збільшення податкових платежів й інших відрахувань підприємства;

- недостатньо ефективна робота логістичної служби підприємства, зриви постачань, перебої в постачанні палива та електроенергії;

- фізичний і моральний знос устаткування.

Фінансові ризики - це ризик, що виникає при здійсненні фінансового підприємництва чи фінансових угод, виходячи з того, що у фінансовому підприємстві в ролі товару виступають або валюта, або цінні папери, або кошти.

До фінансових ризиків належать валютні, кредитні та інвестиційні ризики [32].

Валютні ризики – це ймовірність фінансових втрат через зміну курсу валют у період реалізації стартап-проекту. А оскільки валютний курс у довготерміновій перспективі дуже рухливий, то доцільно в контракті постачання сировини, матеріалів окремо відобразити валютні ризики. Зазначимо, що серед основних факторів впливу на курс валют є стан платіжного балансу та рівень інфляції.

Одним з найважливіших видів ризиків діяльності стартапів в умовах ринкової економіки є кредитні ризики. Він зв'язаний з можливістю

невиконання підприємством своїх фінансових зобов'язань перед інвестором у результаті використання для фінансування діяльності підприємства зовнішньої позики. Отже, кредитний ризик виникає в процесі ділового спілкування підприємства з його кредиторами: банком і іншими фінансовими установами; контрагентами; постачальниками і посередниками, а також із акціонерами.

Важливими також є підприємницькі ризики, причинами яких є:

- непередбачувані зміни ринкового середовища, які впливають на діяльність ринкового суб'єкта (коливання ціни, податкові зміни, коливання валютного курсу, соціально- політичні зміни тощо);
- зміна відносин підприємства з партнерами (наприклад, можливість укласти більш вигідну угоду, подовжити або скоротити термін дії контракту, більш привабливі або навпаки умови діяльності, зміна фінансового стану тощо) [32].

Висновки до розділу 4

1. Сформульовано основну ідею проекту –утилізація надлишкового мулу на станціях аерації з отриманням теплової та електричної енергії
2. Визначено основні групи споживачів – комунальні підприємстваочищення стоків великих міст, локальні каналізаційні очисні споруди.
3. Встановлено основні можливості та загрози для пропонованого проекту за допомогою формування SWOT-аналізу.
4. Визначено базову стратегію проекту, ключові конкурентні позиції відповідно до обраної стратегії.
5. Розроблено бізнес-модель проекту, в якій вказано основні характеристики розроблюваного проекту: споживачі, цінності, дії, партнери тощо.
6. Рентабельність впровадження технології складає 22,6%

ВИСНОВКИ

1. Означена проблема нестачі площ під мулові поля, що потребує негайного вирішення шляхом впровадження новітнього ресурсозберігаючого методу утилізації збродженого мулу.
2. Визначено, що крім великого вмісту біогенних елементів в осаді присутні іони важких металів. Концентрації важких металів перевищують ГДК, тому для збереження природного вмісту даних елементів у ґрунтах потрібне доочищення збродженого осаду.
3. Здійснено моделювання процесів міграції важких металів у підземні води та встановлена залежність концентрації важких металів у воді від відстані поширення та часу фільтрації.
4. Розглянуто методи утилізації збродженого осаду, а саме – спалювання та використання в якості органічних добрив. Використання збродженого осаду в якості добрива не набуло широкого поширення через вміст в ньому іонів важких металів. Це потребує попереднє очищення збродженого осаду від іонів важких металів.
5. Оскільки осад після очищення стічних вод має високу вологість (93-97%) для його спалювання необхідне зневоднення.
6. Доцільніше спалювати осад у печі киплячого шару. Це дозволить:
 - зменшити об'єм та вагу осаду, зменшити екологічне навантаження на ґрунти та підземні води та мінімізувати площі під мулові поля.;
 - новітні технології та системи по очищенню димових газів, мінімізують шкідливий вплив на атмосферу;
 - отримати електричну енергію 158 400 МВт;
 - отримувати прибуток від реалізації населенню та підприємства частки невикористаної електричної енергії 36, 273 млн.грн./рік
7. Термін окупності мулоспалювальної установки складає 1 рік і місяці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Карп І. М. Проблема утилізації та знешкодження мулових осадів міських стічних вод та шляхи її вирішення (огляд). І. М. Карп, К. Є. П'яних, Є. Є. Нікітін. *Енерготехнології та ресурсозбереження*. Київ, 2017. № 2. С. 35-48.
2. Хруник С. Я., et al. Енергетичне використання осадів стічних вод у цементній промисловості. *Вісник Національного університету Львівська політехніка. Теорія і практика будівництва*. 2013. Вип. 755. С. 457-461.
3. Ляшенко Є. С., Васильєва Ж. В. Перспективные методы утилизации биомассы активного ила. *Охрана окружающей среды и здоровья человека в Российской Федерации и странах Евросоюза*. 2014. С. 57-61.
4. Дубовий В.І., Табакаєва М. Г. Вплив осаду очисних споруд каналізації на основні фенотипічні показники рослин пшениці. *Агробіологія*. 2013. №11. С. 177-180.
5. Черниш Є. Ю. Огляд можливостей переробки осадів промислових стоків. Є. Ю. Черниш, Л. Д. Пляцук. *Мат.НТК Сучасні технології в промисловому виробництві*. м. Суми: СумДУ. 2011. Ч. 3. С. 40–41
6. Технічний звіт Бортницької станції аереції. 2014. – С. 2-180.
7. Загально цільової програми розвитку водного господарства на період до 2020 року від 3 вересня 2009 р. № 1029.
8. Технічний звіт Бортницької станції аереції. 2002. – С. 18-135.
9. Екологічний атлас Києва. 2003. *Математическое моделирование* / за ред.: Эндрюс Дж., Мак-Лоун Р. М.: Мир. 1979. – С. 25-30.
10. Екологічний паспорт підприємства. 1991. – С. 3-15.
11. Абрамович И.А. Сети и сооружения водоотведения. 2005. – С. 29-38.
12. Петімко П.І., Кобзар В.В. Водопостачання Києва. К: 2000. – С. 25-28.
13. Кириченко О.І. Каналізація Києва. К: 2002. – С. 31-34.
14. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Стройиздат. 2006. – С. 110-126.

15. Швецов В.Н. и др. Биологическая очистка сточных вод. Водоснабжение и санитарная техника. 1998. № 1. – С. 18-22.
16. Наказ Держбуду України від 19 лютого 2002 року N 37. Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України.
17. Мазник В.А., Винников О.А. Михановский О.М. и др. Радиологический контроль сточных вод. *Украинский радиологический журнал*. 2004. №3. – С. 266.
18. Яковлев С.В. и др. Канализация. Ученик для вузов. М: Стройиздат. – 1987. – С. 264.
19. Абрамович С.Ф. Тенденции развития водоснабжения и водоотведения городов за рубежом. М.: 1999. – С. 42-57.
20. Теория движения грунтовых вод: Науч. Пособие. / П.Я. Полубаринова
21. Кочина. М.:Госиздат технико-теоретической литературы. 1952. – 268 с.
22. Методи числового моделювання екологічних процесів: Навч. Посіб./ А. В. Гладкий, В. В. Скопецький. – К.: Політехніка, 2005. – 152 с.
23. POLLINGTOON., Sludge as a fuel source. In Proc. of 1st €us Biosolids and Organic Residuals Conf Aqua-EnviroiLeeds University, Wakefield. Oct. 1996.
24. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. М: Стройиздат. 2001. – С. 15-19.
25. Быков Д.Е. Новое направление использования избыточного активного ила. Д.Е. Быков, А.К. Стрелков, К. Л. Чертес и др.. *ВСТ Водоснабжение и санитарная техника*. 2001. №541. С. 34-37.
26. Ветошкин А.Г. Защита литосферы от отходов. Учебное пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та. 2005.
27. Отведение и очистка сточных вод Санкт–Петербурга. /под. ред. Ф.В. Кармазинова. С.-П.: 2005. – С. 604-625.
28. Охрана производственных сточных вод и утилизация осадка / под ред. В.Н. Соколова. М.: Стройиздат. 1992. – С. 58-64.

29. Отведение и очистка сточных вод Санкт–Петербурга. /под. ред. Ф.В. Кармазинова. С.-П.: 2005. – С. 604-625.
30. Войкова И.А., Левицкий А.П. Технологические аспекты использования активного ила в сельском хозяйстве. 1998. С. 25-28.
31. Котюк Ф.А. Технология удаления тяжелых металлов из осадков городских сточных вод. *Науковий вісник будівництва*. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. 2005. Вип. 32. С. 172-175.
32. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. Київ : НТУУ «КПІ». 2016. 28 С.
33. Стартап-проект. Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту» [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальностей: 101 «Екологія», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплотехніка», спеціалізацій: «Інженерна екологія та ресурсозбереження», «Інжиніринг електротехнічних комплексів», «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв», «Системи електропостачання», «Енергетичний менеджмент та енергоефективність» «Енергетичний менеджмент та інжиніринг» / П. В. Круш, Н. А. Шевчук, О. І. Андрусъ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. *Електронні тестові дані (1 файл: 127 КБ)*. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2019. – 50 С. – URL:<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27914>
34. Шевчук Н.А., Зайченко С.В., Кривда О.В. Впровадження та реалізація стартап проекту геомехатронного комплексу. *Сучасні проблеми економіки і підприємництва* [Текст]: Збірник наукових праць. Вип. 21. К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка». 2018. С.94-101
35. Шевчук Н.А. Впровадження та реалізація стартапів в гірництві / Шевчук Н.А. / Міжнародна науково-технічна конференція, присвячена 120 –

- річчю КПІ «ПРОБЛЕМИ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ ТА ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ», м. Київ, 17-18 травня 2018 р.– К.: НТУУ «КПІ», 2018. С. 89-90.
36. Поліщук В.В. Стартап проекти та їх оцінювання: конспект лекцій для студентів за спеціальністю 7.121 «Інженерія програмного забезпечення» факультету інформаційних технологій УжНУ. Ужгород: 2018. 74 С. – URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/19695/1/7.pdf>.
37. Startup-project: Recommendations for the elaboration of the Master's thesissession «Startup Project Elaboration» [Electronic resource]: teach. Edition for studio specialties 101 «Ecology», 141 «Power, electrical engineering and electromechanics», 144 specializations «Engineering Ecology and Resourcesaving», «Engineering of Automated Electrotechnical Complexes», «Electromechanical and Mechatronic Systems of Power-intensive Industries», «Power Supply Systems», «Energy Management and Energy Efficiency», «Energy Management and Engineering» / P. Krush, N. Shevchuk, O. Andrus ; Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. – Electronic test data (1 file: 109 Kb). – Kyiv: IgorSikorskyKyivPolytechnicInstitute, 2019. – 50 p. – URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27938>