

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ДЕРЕВООБРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ДИЗАЙНУ

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки  
життєдіяльності

## Пояснювальна записка

до диплому/роботи магістра

на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗАЦІЇ  
ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ З ВИГОТОВЛЕННЯ  
ПАПЕРУ»

Виконав: студент VI курсу, групи ТЗНС- 61м

Спеціальності 183 «Технології захисту  
навколишнього середовища»

Прокопенко О. В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник

проф. Кшивецький Б.Я.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент

Гайда С.В.  
(прізвище та ініціали)

Львів 2024

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут деревообробних технологій і дизайну

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки життєдіяльності

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЗНСДБЖД

проф. Кшивецький Б. Я.

“ 30 ” вересня 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Прокопенко Олександр Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Удосконалення технологій утилізації промислових відходів на підприємствах з виготовлення паперу.»

керівник роботи Кшивецький Богдан Ярославович, доктор техн. наук, професор,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ 12 ” 07 2024 року №...С-469.

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_ до 15 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи: технологічний процес виготовлення паперу та відходи його виробництва.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Літературний огляд.

2. Технологія виготовлення паперу.

3. Склад та характеристика твердих відходів.

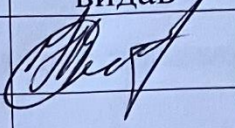
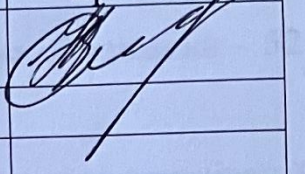
4. Технологічні рішення щодо утилізації твердих відходів

5. Висновки.

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

7. Презентація

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сторожук В.М.		

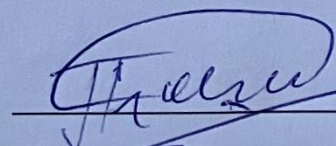
7. Дата видачі завдання 18 червня 2023 року

Керівник проекту  проф. Кшивецький Б.Я.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

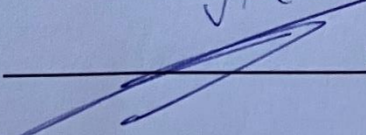
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний огляд	до 01.09.24	
2.	Технологія виготовлення паперової продукції	до 15.09.24	
3.	Склад та характеристика твердих відходів	до 01.10.24	
4.	Технологічні рішення щодо утилізації твердих відходів	до 20.09.24	
5.	Розділ з охорони праці	до 15.11.24	
	Висновки.	до 01.12.24	
	Оформлення роботи	до 15.12.24	

Студент



Прокопенко О. В.

Керівник проекту



проф. Кшивецький Б.Я.

## **РЕФЕРАТ**

Магістерська дипломна робота складається із: пояснювальної записка - 52 стор., 32 рисунки, 3 таблиць, 17 джерел.

У даній магістерській роботі здійснено аналіз та дослідження утилізації відходів підприємств з виготовлення паперу. Вивчено технологічні процеси із виготовлення паперу та картону, характеристику та склад твердих побутових відходів. Запропоновані технологічні рішення щодо утилізації шламу та інших твердих відходів при виробництві паперу та картону.

Ключові слова: промислові відходи, папір, картон, утилізація, тверді відходи.

## **ABSTRACT**

Master's thesis: explanatory note: 52 pages, 32 figures, 3 tables, 17 sources.

In this master's thesis, an analysis and study of waste disposal of paper-making enterprises was carried out. Technological processes for the production of paper and cardboard, characteristics and composition of solid household waste were studied. Proposed technological solutions for the disposal of sludge and other solid waste in the production of paper and cardboard.

Keywords: industrial waste, paper, cardboard, disposal, solid waste.

## **ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

На основі аналізу літературних джерел щодо технологічного процесу із виготовлення паперової продукції та отриманих відходів, запропонувати технологічні рішення щодо удосконалення технології утилізації відходів. Для дослідження необхідно:

1. Здійснити аналіз літературних джерел щодо стану питання.
2. Проаналізувати технологію виготовлення паперової продукції.
3. Дослідити склад та характеристику твердих відходів.
4. Технологічні рішення щодо утилізації твердих відходів.
5. Заходи з безпеки праці.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ.....	9
1.1 Класифікація відходів паперового виробництва.....	9
1.2 Методи утилізації відходів паперового виробництва .....	12
1.3 Повторне використання деревинного шламу .....	14
1.4 Висновки з розділу.....	17
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАПЕРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	19
2.1 Технологічний процес виготовлення паперу.....	19
2.2 Технологічний процес виготовлення картону... ..	22
2.3 Порівняльний аналіз технологічних процесів ... ..	27
2.4 Висновки з розділу.....	28
РОЗДІЛ 3. СКЛАД ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ.....	29
3.1 Тверді відходи паперового виробництва а їх вплив на довкілля.....	29
3.2 Способи утилізації промислових відходів .....	32
3.3. Висновки з розділу.....	36
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ .....	37
4.1 Технологічні рішення щодо утилізації деревинного шламу.....	37
4.2 Технологічні рішення щодо утилізації побутових відходів.....	40
4.3 Висновки з розділу.....	42
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	43
5.1 Безпека праці при утилізації твердих відходів .....	43
5.2 Екологічна безпека при переробленні деревинного шламу .....	47
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	51

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Виробництво паперу сьогодні, має важливе значення, враховуючи сучасні світові тенденції щодо заміни використання поліетиленових на паперові, пакувальні матеріали, тощо. Такі тенденції пов'язані із збереженням довкілля, яке на сьогодні бажає бути кращим. Тому, виготовлення паперової продукції у світі з кожним роком буде зростати, а світові тенденції будуть супроводжуватися збільшенням виготовлення паперу та продукції на його основі.

Сьогодні виробництво паперу у світі складає приблизно 400 млн. т. на рік. Найбільше споживання паперу зростає у Китаї, який займає перше місце із у світі із використанням паперу. Друге місце, з використання паперу, займають США. Окрім зазначених вище країн зростання паперу також збільшилось і в Європейських країнах.

Така світова тенденція веде до збільшення кількості заводів із виготовлення паперової продукції. Це вказує на то, що буде збільшення використання деревини, макулатури та інших матеріалів природнього походження, які можна використовувати при виготовлення паперу. Разом з тим, буде збільшуватися і використання води, енергетичних ресурсів, та відходів, оскільки такий технологічний процес є вимагає в значних об'ємах витрати води, енергетичних ресурсі, тощо.

Тому, будуть утворюватися значні обсяги відходів різного характеру. Це вимагатиме додаткових зусиль на їх утилізацію, переробку або повторне використання. Це будуть рідкі та тверді відходи, які матимуть екологічну небезпеку та вимагатимуть їх утилізації. Тому важливо контролювати кількість відходів та забезпечити їх максимальну утилізацію або їх повторне раціональне використання.

Світова практика приділяє велику увагу повторній переробці відходів, особливо після технологічного процесу виготовлення паперу з подальшим їх використанням. На сьогоднішній день, промислові відходи не завжди

утилізують, а зберігають на звалищах, у кращому випадку закопують або спалюю. Це негативно впливає на довкілля та навколишнє середовище.

Тому, тема моєї магістерської роботи є актуальною. Раціональна використання, або утилізація промислових відходів паперового виробництва дасть змогу зберегти природні ресурси, зменшити техногенне навантаження, а при повторному їх використанні, одержати екологічно безпечні матеріали та економічну вигоду.

*Об'єкт дослідження:* відходи паперового виробництва.

*Предмет дослідження:* технологічний процес з утилізації промислових відходів.

#### Задачі дослідження:

1. Здійснити аналіз літературних джерел щодо стану питання.
6. Проаналізувати технологію виготовлення паперової продукції.
7. Дослідити склад та характеристику промислових відходів.
8. Технологічні рішення щодо утилізації промислових відходів.
9. Заходи з безпеки праці.

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

### 1. Класифікація відходів паперового виробництва

Паперове виробництво включає великий асортимент продукції, а саме папір гігієнічний, папір книжковий, папір для виготовлення книжкових обкладинок, папір для газет, різного роду картонний папір, папір для виготовлення лотків для яєць, туалетний папір, паперові рушники, тощо. На рис. 1.1 наведено деякі види паперу та картону. [3,5]



Рис. 1.1. Види паперу та картону.

При виготовленні паперової продукції утворюється значна кількість промислових відходів у рідкому та у твердому стані. До рідких відходів відносять утворення забрудненої води, яку називають стічними водами. Кількість стічної води буде залежати від кількості виготовленої продукції, способу виготовлення паперу та методу використання стічних вод при виготовленні паперу. На рис. 1.2 наведено стічну воду від виготовлення паперу.



Рис. 1.2. Стічні води паперового виробництва

Неочищені стічні води забруднюють навколишнє середовище та є небезпечними для довкілля.

Окрім відходів у вигляді стічних вод, також утворюється велика кількість і твердих відходів. Тверді відходи паперового виробництва поділяються на дві групи. До першої групи відносять відходи з виробництва целюлози. До другої групи відносять відходи, які утворюються при виробництві паперу, картону та паперових виробів із картону. На рис. 1.3. наведено класифікацію відходів. [8,10]

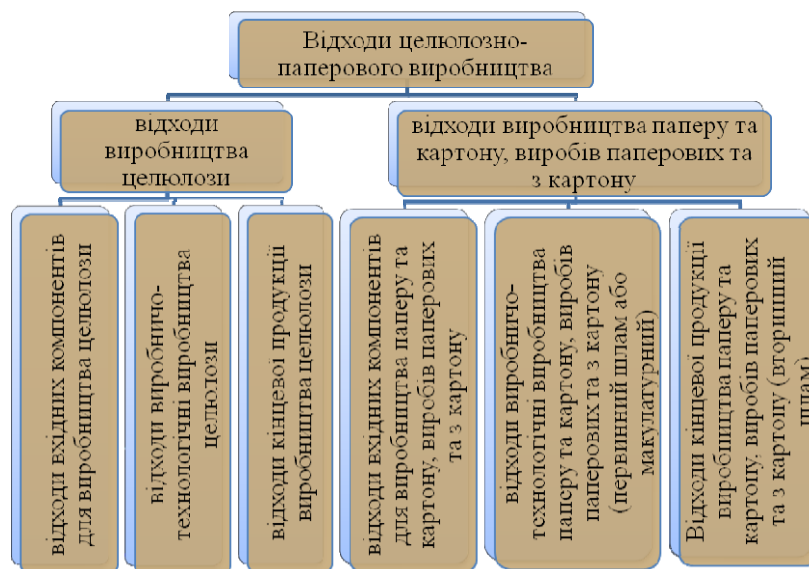


Рис. 1.3 Класифікація відходів

Відповідно до існуючої схеми класифікації відходів при виробництві целюлози і паперу утворюються різні їх типи. До найбільшої кількості відходів відносять відходи у вигляді шламу. Дана категорія відходів утворюється при очищенні забрудненої вод при виробництві целюлозно-паперової продукції. Такі відходи окрім шкоди для довкілля мають і корисні характеристики. Тобто з таких відходів можна виготовляти різні матеріали. Це створює передумови для пошуку альтернативного способу їх утилізації. [1,3,5,9]

Тенденція щодо використання твердих відходів широко використовується у закордонній практиці. Для переробки твердих відходів існує багато варіантів переробки та утилізації відходів. В залежності від отриманих відходів можна підібрати різні способи їх утилізації або переробки. Необхідно відзначити, що

методи та способи переробки та утилізації відходів паперового виробництва буде залежать від виду шламу. [1, 13, 15, 16]

При виготовленні паперової продукції деревини, стічні води будуть забруднені шламом із великою кількістю залишків подрібнених волокон із деревини, целюлози тощо. Такі відходи, при очищенні стічних вод будуть утворюватися у первинному відстійнику, під час їх очищення. Тобто це будуть відходи у вигляді первинного шламу. Такий шлам буде складати із довгих волокон із деревини та мінеральних наповнювачів. В основному це буде каолін, діоксиди тощо. Іншим видом відходів буде вторинний шлам. Такий шлам біологічний, тобто це біогенний шлам або намула. Він буде складається із мулу, що міститиме дрібні волокнисті частинки та білок. [1,3,5,10, 13]

При переробці макулатури утворюються деревинні волокна із макулатури. Їх склад буде залежить від типу паперу, з якого виготовлена макулатура. Разом з тим, шлам із макулатури має багато золи, тому основним способом очистки такого шламу є його утилізація у вигляді закопування в землю. Але це не є виходом із даної ситуації. Оскільки такий спосіб утилізації відходів має негативний вплив на ґрунти, ґрунтові води, питну воду тощо. [9,10]

Окрім перерахованих видів відходів, також утворюються інші види відходів. В основному це відходи, які пов'язані із забезпеченням технологічного процесу всіма необхідними додатковими операціями, а саме транспортуванням сировини та готової продукції, переміщення матеріалів та готової продукції по території підприємства, пакувальними роботами, забезпеченням технологічного процесу тепловою енергією, та іншими видами робіт. Також необхідно враховувати і забруднення атмосферного повітря від загазованості від використання автомобільного транспорту, загазованості від виробництва теплової енергії для забезпечення технологічного процесу виготовлення паперу, використанням інших допоміжних матеріалів та сировини, які будуть задіяні при виробництві паперової продукції. Тому, все це необхідно враховувати під час проектування таких типів виробництва, передбачати та приймати передові рішення та заходи щодо їх зменшення або утилізації.

## 1.2. Методи утилізації відходів паперового виробництва.

Щодо методів утилізації відходів при виробництві паперу, то вони мають важливе значення як з екологічних, економічних та технологічних міркувань. Оскільки при утилізації відходів можна отримати окрім екологічної та технологічної вигоди, ще і економічну. Все буде залежати від складу відходів та їх кількості, токсичності, тощо. Тому, при утилізації промислових відходів необхідно приймати рішення щодо методу та методики поводження з ними. Оскільки у моїй магістерській роботі основна увага прикута до промисловим твердим відходам паперового виробництва, тому зупинимось на аналізі методів утилізації твердих промислових відходів.

Як зазначалося у розд. 1.1. найбільша кількість відходів паперового виробництва утворюється при підготовці целюлози. Для даного процесу утворюються значні об'єми забрудненої води, яку необхідно очищати. При очищенні такої води утворюється відходи у вигляді волокнистого шламу. Тому проаналізуємо способи утилізації шламу, основу яких складає деревинні волокна.

На рис. 1.4. наведено схему способів утилізації твердих відходів паперового виробництва.

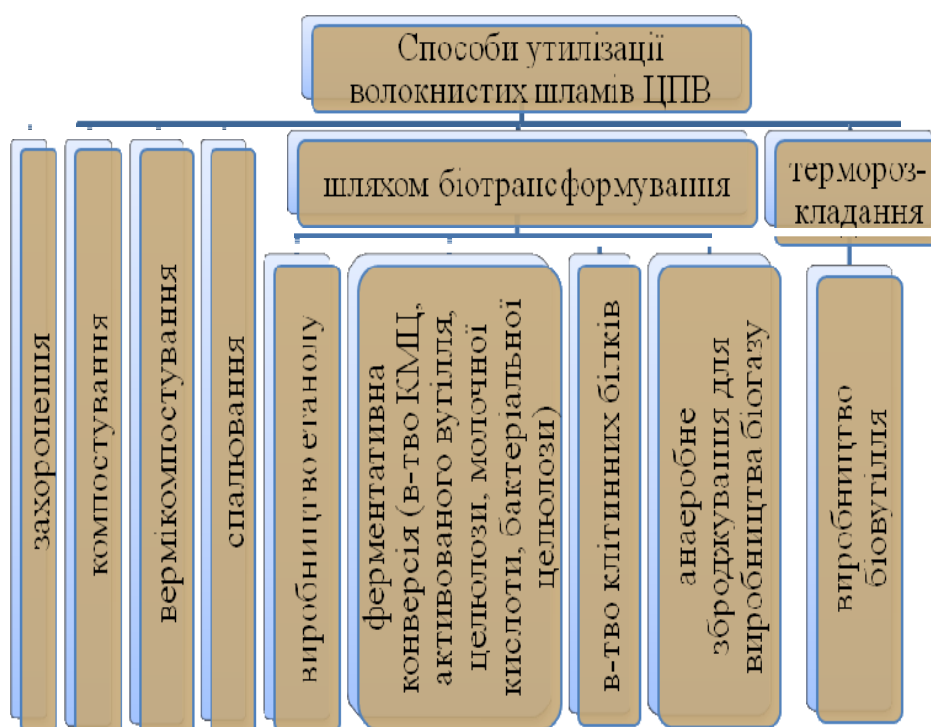


Рис 1.4 Способи утилізації твердих відходів паперового виробництва.

Найбільш простим способом утилізації відходів у вигляді волокон із деревини це спосіб утилізації за допомогою компостування. Такі компости дають можливість отримати органічні добрива, які можуть використовуватися для поліпшення родючості ґрунтів. Такі компости мають вигляд природнього торфу. Тобто, це дуже корисні компости, які можуть використовуватися на заміну природніх торф'яних ґрунтів із хорошими якісними показниками для родючості різного роду рослин. Такий ґрунти використовують в садівництві, їх присутність у грантах призводить до зменшення ерозії ґрунту, захворювань рослин, та культур що вирощують. [12,14]

Разом з ти необхідно контролювати якість таких грантів, оскільки вони може бути небезпека вмісту у них різного роду канцерогенних речовин, які можуть міститися хлоровані органічні сполуки [10].

Другим методом утилізації таких відходів є їх спалювання. Такий метод дозволяє отримувати теплову енергію або електричну, оскільки це в основному залишки деревини, які добре піддаються горінню. Разом з тим, продуктивність установки для спалювання таких відходів буде низькою. Окрім того такі відходи, в залежності від хімічного складу можуть забруднювати атмосферу.

Наступним методом утилізації відходів у вигляді шламу це переробляти шламу для отримання продукції у вигляді паливних брикетів. Такі паливні брикети використовуються для опалення житлових приміщень, підігрів води, тощо [3,4,14,15].

Наступний метод утилізації шламу, це виготовлення етанолу. Така утилізація в порівнянні із іншими видами має певні переваги, оскільки існуючі технології досить швидко розвиваються і є безпечними для навколишнього середовища. [1, 5, 6].

Наступним важливим методом переробки деревинного шламу є його термічна обробка, яка дозволяє отримати продукти термічного розкладу. Це спосіб для отримання біологічного вугілля. Біологічне вугілля має високий вміст мінералів, які є важливим джерело поживних речовин. На рис. 1.5. наведено стічні води із високим вмістом волокон целюлози.



Рис. 1.5 Шлам при виготовленні целюлози.

### 1.3. Повторне використання деревинного шламу.

Як видно із розд.1.2. методів утилізації шламу є декілька. В залежності від складу шламу, його кількості, можна здійснити той чи інший його метод утилізації. Разом з тим, деревинний шлам це матеріал природнього походження, який має багато цінних властивостей. Тому, його можна використовувати і для повторної переробки з метою отримати певну продукцію, яку в подальшому можна використовувати при виготовленні продукції із відповідними характеристиками. Тому проаналізуємо, яку продукцію можна виготовляти із повторної переробки деревинного шламу. На рис. 1.6 наведено схему повторної переробки шламу.



Рис. 1.6. Повторне використання шламу

Відповідно до схеми рис. 1.6 повторне використання шламу може бути використаним для будівництва, виготовлення плитних матеріалів, виготовлення картону, додавання до клейових матеріалів, тощо. Виготовлення із деревинного шламу продукції буде залежати від того, який вміст у отриманій із нього продукції дозволяється неорганічних речовин або органічних сполук та вміст деревинного волокна. Для прикладу при виготовленні композиційних матеріалів необхідно щоб у шламі був високий вміст волокон. А при виготовленні будівельних сумішів, необхідно щоб шлам мав високий вміст наповнювача. А при виготовленні покрівельних матеріалів необхідно щоб шлам мав високий вміст як деревинних волокон, так і наповнювачів. [5,8,11]

Щодо вмісту волокна у деревинному шлам, то це зрозуміло, волокна із деревини, які після технологічного процесу залишається у шлам. Ці волокна можуть мати різну довжину, оскільки під час помолу їх могло порвати, пошкодити, тощо. Тому вони менші за розмірами та пройшли крізь сито, через яке проціджують целюлозну масу.

Щодо наповнювачів, то їх кількість буде залежати від типу паперової продукції та способу виготовлення її виготовлення. Назагал деревинний шлам поділяється на первинний і вторинний. Перший використовується як армований матеріал, а вторинний як співполімер, тобто він додається до клейових матеріалів.

Деревинний шлам може служити наповнювачем при виготовленні деревостружкових та деревоволокнистих плит, плит середньої щільності, тощо. Шлам може змішуватися із іншими матеріалами, для прикладу із вторинним шламом та використовуватися при виготовленні клейових сумішей для будівництва або інших клейових матеріалів. Також шлам можна використовувати як деревне борошно у термопластичних матеріалах. [6,9,12]

Окрім перерахованих типів продукції шлам може використовуватися і при виготовленні паперової продукції. А саме при виготовленні упаковок (лотків) для яєць або фруктів та овочів, іншої пакувальної продукції та виробів що призначенні для громадського харчування. Також шлам може бути

використаний і як теплоізоляційний та вогнестійкий матеріал. Тобто використання деревинного шламу, як волокнистого матеріалу може в певній мірі замінити натуральне волокно. Тобто волокниста структура шламу отриманого із целюлозної маси має широке використання.

На рис.1.7 наведено деяку продукцію, де може використовуватися волокнистий шлам.



Рис. 1.7. Продукція із додаванням деревинного шламу.

Шлам також широко використовується при і в будівництві. В основному це шлам який містить великий відсоток золи, оскільки це дає можливість виготовляти будівельні блоки та панелі. Окрім того такий шлам може використовуватися при виготовленні цементу та сумішей із цементу. Тобто це матеріал для виготовлення бетонної продукції. Важливе значення шлам має і при виготовленні різного роду керамічних виробів, включаючи і цеглу. Це призводить до зменшення витрат глини при виготовленні цегли або інших виробів із глини. [5,8,10, 15]

Окрім будівельного клею шлам може використовуватися і при виготовленні клейових матеріалів для склеювання деревини. Відомо, що волокна деревини мають непогані адгезійні властивості, тобто вони можуть без клею формувати клейові з'єднання, хоча що міцність таких з'єднань буде не високою, але саме властивість прилипати, дає підстави говорити про можливість використання такого шламу для виготовлення клейових матеріалів при склеювання деревини. Тобто, у клейові матеріали, шлам можна додавати як наповнювач, що дозволить зменшити витрати інших компонентів. Встановлено, що плитні матеріали, що містять волокнистий шлам мають деякі механічні показники вищими за ті плит, які їх не мають. [12,14].

І на кінець необхідно сказати, що целюлозний шлам використовують як добавку для дорожнього покриття. Волокнисті добавки зменшують шум, та мають підвищену еластичність і довговічність, тому можуть використовувати для теплових процесів при газифікації та піролізі.

#### **1.4. Загальні висновки з розділу**

На основі аналізу літературних джерел, щодо утворення та використання відходів, можна зробити такі висновки:

1. Виготовлення паперу супроводжується утворення промислових відходів, які можуть бути як рідкими так і твердими. До рідких відходів відносять стічні води. До твердих відходів відносять шлам, який утворюється після очищення стічних вод. Це відходів, які займають найбільший об'єм у технологічному процесі виготовлення паперу.

2. Проаналізовано класифікацію шламу, який утворюється під час виготовлення паперу. Властивості шламу будуть залежати від технологічного процесу виготовлення паперової продукції. Виявляється, що в залежності від походження шламу, його характеристик та якості, він буде мати різні властивості. Відповідно до властивостей, шлам може мати різне технологічне призначення та способи утилізації. Тому використання шламу, який утворюється

при виготовленні паперової продукції, має широке важливе значення для використання та призначення.

3. Деревинний шлам має різні характеристики та властивості. Тому, в залежності від властивостей та характеристики, його утилізація буде різною. На сьогодні є багато наукових досліджень, які проводились щодо можливості використання деревинного шламу. Дослідженнями встановлено, що паперовий шлам має багато хороших характеристик та властивостей. Це дозволяє їх використання для різних потреб та виробництва різної продукції.

4. Важливо для шламу є те, що його можна використовувати повторно для виготовлення різної продукції.

## РОЗДІЛ 2

### ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАПЕРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

#### 2.1 Технологічний процес виготовлення паперу

Технологічний процес виготовлення паперової продукції складається із технологічного процесу виготовлення паперової продукції із целюлози та технологічного процесу виготовлення паперової продукції із макулатури. Обидва процеси мають схожі технологічні операції але із різною характеристикою та кількістю утворених відходів. Тому, з метою отримання більш повної інформації про кількість та характеристики відходів необхідно більш детально вивчити дані технологічні процеси.

У даному розділі буде детально вивчено технологічний процес виготовлення паперу. Сировиною для виготовлення паперу служить целюлоза, яку отримують із волокон деревини та інших волокон природнього походження, таки як солома тощо. Виробники паперу, такі як Жидачівський ЦПК або Львівська картонна фабрика як сировину використовують целюлозу, яку закупають у вигляді пресованих пакетів. Тобто це пресована целюлоза білого кольору, яка спресована в пакети відповідних розмірів.

На рис. 2.1. зображено пакети із пресованої целюлози.



Рис. 2.1. Пресована целюлоза із деревини.

На рис. 2.2. наведено схему технологічного процесу виготовлення паперу.

Технологічний процес виготовлення паперу починається із того, що пакети пресованої целюлози, за допомогою автотранспорту, подаються у цех з

виготовлення паперу. Необхідно зазначити, що пресовану целюлозу обгортають у пакувальну плівку, яку перев'язують пакувальною стрічкою. Після розпакування целюлозу подають у змішувач до якого додають воду. Процес формування целюлозного полотна починається із розмелювання та змішування целюлози із водою.



Рис. 2.2. Схема виготовлення паперу.

Після розмелювання целюлози і змішування її із водою, утворюється в'язка тягуча маса, яка подається реактор для змішування з водою, та доведення до певної концентрації, щоб отримати однорідну целюлозну масу. В залежності від потрібної якості та призначення паперу, використовується сульфатний або сульфітний методи. Дані методи виготовлення паперу потребують додавання хімічних речовин для відбілювання целюлози, які призначенні для відокремлення лігніну віз целюлози. Практично ці два методи є подібними між собою. Для даного процесу використовують хімічні речовини, а саме діоксид сірки  $SO_2$  та солі натрієвої кислоти до яких відносять сульфіти та гідросульфіти натрію, калію, амонію, тощо. Окрім того даний процес проводиться за

підвищеної температур та тиску. Виготовлення паперового волокна відбувається за допомогою нагрітих до певної температури вальців, які створюють тиск. Така технологія виготовлення целюлозного полотна за допомогою нагрівання та тиску вальців, дозволяє здійснити процес випаровування води із целюлозної маси. Після цього відбувається формування готового паперу, який наведено на рис. 2.3.



Рис. 2.3. Формування рулону із паперу.

На цьому технологічний процес виготовлення паперу завершується. Тобто, як бачимо із короткої характеристики технологічного процесу, виготовлення паперу є складним та енергозатратним.

Тепер проаналізуємо відходи, які утворюються при виготовленні паперу. При розпакуванні целюлози утворюються відходи у вигляді полімерної плівки та стрічки для зв'язування пакету з целюлозою. Це є основні відходи на даному етапі технологічного процесу. Кількість таких відходів є незначною і буде залежати від об'єму переробки целюлози.

Наступними відходами при виготовленні паперу є формування целюлозного полотна, яке формується із волокон деревини та значної кількості води. Після виготовлення паперу утворюються значна кількість стічної забрудненої води, яка складається із волокон целюлози та хімічних речовин у вигляді діоксиду сірки та кислотних солей. Дані речовини є небезпечними для

довкілля. Тому, такі стічні води необхідно піддавати очищенні, з метою вилучення деревинних целюлозних волокон та хімічних сполук.

Для такого процесу використовують відстійники, а за потреби і додаткові способи очищення. Основними відходами при очищення є шлам, тобто залишки целюлозного волокна та інших включень невеликих розмірів та кількості. Такий шлам є цінними відходами паперового виробництва. Разом з тим він є і небезпечним для довкілля, оскільки містить хімічні речовини та сполуки після сульфатного та сульфітного способу обробки целюлозної маси.

На рис. 2.4 наведено забруднена вода після виготовлення целюлозної маси.



Рис. 2.4. Забруднена вода із залишками целюлози.

Як видно із рис. 2.4. вода після приготування целюлози є забруднена залишками целюлози, яку можна використати для повторного перероблення. Щодо інших відходів, які утворюються у даному технологічному процесі, то їх необхідно утилізувати, відповідними способами в залежності від їх складу та токсичності.

## **2.2. Технологічний процес виготовлення картону**

Технологічний процес виготовлення картону та паперу схожі. Але основна відмінність у сировинні для виготовленні паперу та картону. Сировиною для виготовлення картону є макулатура. Картон згідно європейського стандарту

відрізняється від паперу масою. Тобто картон, це папір, маса одного квадратного метра є більшою за 150 гр.

Макулатура це рослинні волокна, які є у паперовій продукції, яка мала певне призначення і вже не використовується за потребою та призначена для переробки. Макулатурою може бути папір різного призначення, картон, пакувальна тара, лотки для яєць, тощо.

На рис. 2.5 наведено макулатуру.



Рис. 2.5. Макулатура різного типу.

Для виготовлення картону використовують вторинну сировину у вигляді макулатури. Технологічний процес виготовлення картону розпочинається із подачі запакованої у пачки спресовану макулатуру на розпакувальну лінію, де відбувається розпакування пачки. Пачка запакована за допомогою стрічки. Після цього відбувається процес сортування макулатури та видалення додаткові включення, які є у такого типі сировини. До додаткових включень можуть входити предмети у вигляді поліетилену, скла, каміння, деревини, тощо. Всі додаткові включення необхідно ретельно відокремити від макулатури та відтранспортувати спеціально відведене для цього місце.

Після цього очищена макулатура від додаткових включень подається для розмелювання на целюлозні волокна та їх змішування з водою. Тобто відбувається процес формування целюлозної маси за допомогою розмеленої целюлози та води. Даний процес є аналогічний до процесу виготовлення паперу.

Після отримання однорідної целюлозної маси відбувається процес формування картонного полотна з подальшим його висушуванням та формування готового картону. Із целюлозного полотна формується картон, який також скручується в рулони.

На рисунку 2.6. наведено виготовлення картону із целюлозної маси.



Рис. 2.6. Технологічний процес виготовлення картону

Оскільки, технологічний процес виготовлення картону подібний до технологічного процесу виготовлення целюлози, то і відходи, у даному процесі будуть аналогічні, але їх кількість та склад будуть відрізнятися, оскільки будуть додаткові відходи, які виділяють із макулатури. Їхній об'єм залежить від походження макулатури, її кількості та об'єму переробки.

На рис. 2.7 наведено технологічний процес виготовлення картону.

При виготовленні картону також утворюється значна кількість стічних вод, забруднених волокнами целюлози із макулатури. Отриману забруднену воду необхідно очищати від деревинних волокон. Для очищення стічних вод використовують також відстійники. Отриманий шлам піддається повторній обробці. Разом з тим необхідно відзначити, що технологічний процес виготовлення картону відбувається без використання сульфітного або сульфатного вибілювання целюлози. Це відбувається тому, що картон сірий, і не потрібно із його складу виводити лігнін за допомогою сполук хлору. Тому шлам

отриманий при виготовленні картону не містить шкідливих речовин, які необхідно утилізувати. Такий шлам можна використовувати більш безпечноше.



Рис. 2.7. Технологічний процес виготовлення картону.

Отриману забруднену воду необхідно очищати від деревинних волокон. Для очищення стічних вод використовують також відстійники. Отриманий шлам піддається повторній обробці. Разом з тим необхідно відзначити, що технологічний процес виготовлення картону відбувається без використання сульфітного або сульфатного вибілювання целюлози. Це відбувається тому, що картон сірий, і не потрібно із його складу виводити лігнін за допомогою сполук хлору. Тому шлам отриманий при виготовленні картону не містить шкідливих речовин, які необхідно утилізувати. Такий шлам можна використовувати більш безпечноше.

Схема технологічного процесу виготовлення картону наведено на рис. 2.8.

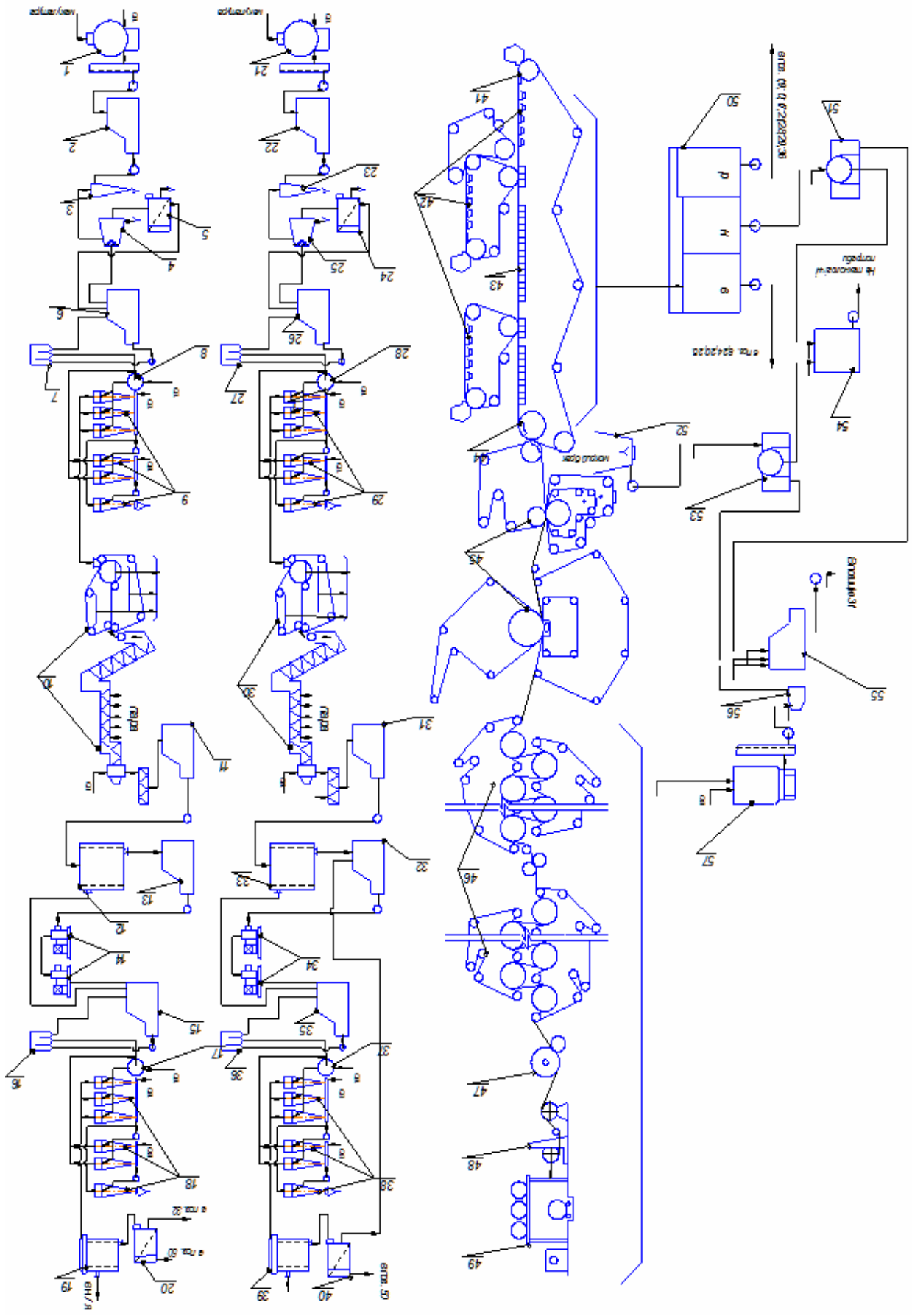


Рис. 2.8 Технологічна схема виробництва картону

## 2.2. Порівняльний аналіз технологічних процесів

На основі вивчення та опису технологічних процесів із виготовлення паперової продукції зробимо їх порівняльний аналіз. Виготовлення паперу та картону відбувається за аналогічними схемами. Дані схеми включають послідовність технологічних операцій. Кожна технологічна операція характеризується утворенням відходів певної категорії небезпечності.

На рис. 2.9. наведено стічні води після технологічного процесу виготовлення паперу.



Рис. 2.9. Стічні води після технологічного процесу виготовлення паперу.

Щодо технологічного процесу виготовлення паперу, то даний технологічний процес утворює відходи у вигляді стічних вод із високою концентрацією залишків целюлози. Окрім того у такій воді є хімічні речовини у вигляді оксидів та хлору. Такі відходи несуть небезпеку для навколишнього середовища. Тому необхідно це враховувати при їх утилізації.

Технологічний процес виготовлення картону також супроводжується великими об'ємами стічних вод, які необхідно очищати. Однак такі стічні води містять меншу кількість хімічних сполук та речовин. Це сприяє більш раціональному їх використанню та полегшує їх очищення. Після очистки отриманий шлам є безпечнішим.

## **2.4 Висновки з розділу**

Вивчення технологічного процесу виготовлення паперової продукції показав, що він складається із двох технологій. А саме технології виготовлення паперу та технології виготовлення картону.

Технологічний процес виготовлення паперу є безперервним із значними енергетичними затратами. Сировиною для виготовлення паперу є розмелена та спресована целюлоза.

Технологічний процес виготовлення картону є також безперервний із значними енергетичними затратами. Сировиною для цього є макулатура.

Щодо відходів, то утворюються значні об'єми стічних вод, які є багаті на целюлозні волокна. Разом з тим, при виготовленні паперу у стічних водах є значний вміст небезпечних речовин, оскільки для цього методу використовують сульфітний та сульфатний спосіб обробки целюлози.

## РОЗДІЛ 3

### СКЛАД ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ

#### 3.1. Тверді відходи паперового виробництва а їх вплив на довкілля

Відходи, які утворюються під час технологічного процесу виготовлення паперу мають хімічне походження та певний вплив на довкілля. Цей вплив буде залежати від хімічного складу, їх кількості тощо. Оскільки при виготовленні паперової продукції основною сировиною є целюлоза, геміцелюлоза та лігнін, тому необхідно теоретично передбачити вплив таких відходів на довкілля.

На рис. 3.1 наведено основні складові компоненти деревини.



Рис. 3.1. Складові компоненти деревини.

Як видно із рис.3.1. основний вміст у деревині складає вуглець, близько 50%, кисень – близько 44% та 6% водень. Щодо целюлози то її відсоток у деревині складає від 45% до 60% , від 15 до 25 складає геміцелюлоза, а все решта лігнін. Хімічна формула целюлози наведено на рис. 3.2.

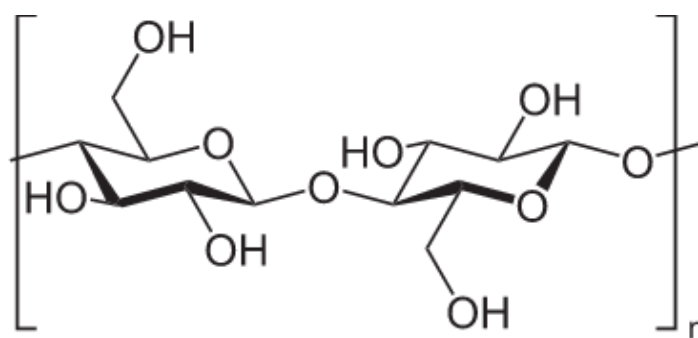


Рис. 3.2 Хімічна формула целюлози

Як видно із рис. 3.2 целюлоза це природні полімер лінійної будови, який надає деревині еластичності. У перекладі із латинського целюлоза це означає клітка, тобто це основа структури деревини Цей полімер нетоксичний, тому негативного впливу на довкілля немає. Геміцелюлоза це доповнення до структури деревини, яка формує також стінки клітин деревини. Лігніт у перекладі з латинської означає деревина, тобто це затверділа частина. Його ще називають наповнювачем для клітин деревини. Хімічну формулу лігніну можна написати приблизно, оскільки складається із багатьох полімерів.

На рис. 3.3. наведено приблизну формулу лігніну.

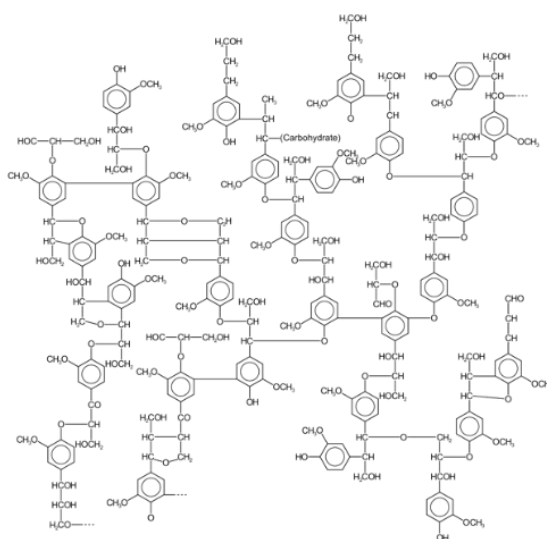


Рис. 3.3. Формула лігніну

Як видно із хімічного складу деревини всі складові компоненти деревини це природні полімери, які не несуть шкоди довкіллю. Тому, під час виготовлення паперової продукції вони також не будуть впливати на довкілля.

Тепер проаналізуємо хімічні добавки, які використовуються коли здійснюється підготовка целюлозної маси до виготовлення паперового полотна. Як зазначалося вище при виготовленні паперу використовується сульфітний та сульфатний спосіб обробки розмеленої целюлози. Тобто це обробка волокон деревини водяним розчин гідроксиду натрію або сульфіді натрію. Сутність цього методу полягає в тому, що за підвищеного тиску і температур, лігнін, який є у волокнах розчиняється. Тим самим целюлозні волокна вивільняються від лігніну та стають білими. Тобто целюлозний розчин відбілюється.

Другий спосіб відбілювання целюлозної маси відбувається за допомогою водяного розчину діоксиду сірки в присутності лугів. Серед лугів може бути кальцій, магній, натрій або амоній.

На рис. 3.4. наведено відбілену целюлозу.



Рис. 3.4. Відбілена целюлоза після сульфитного способу обробки.

Окрім відходів, які утворюються при виготовленні целюлозної маси утворюється і кускові відходи у вигляді залишків кусків деревини, кори, а також пакувальної плівки, пакувальної стрічки. Окрім того, при виготовленні картону утворюються відходи із макулатури. Це можуть бути відходи від пакування макулатури та відходи від сортування макулатури, тобто це відходи у вигляді полімерів, фарби, яка нанесена на упаковку, поліетиленової плівки, тощо. Це всі відходи, які пов'язані із технологічним процесом виготовлення целюлозної маси при виготовленні паперу та картону.

На рис. 3.5 наведено відходи від картону.



Рис. 3.5. Відходи від макулатури.

Окрім того утворюються відходи від виробничого процесу. На целюлозо-паперових виробництвах це відходи, які утворюються при генеруванні теплової енергії для технологічного процесу виготовлення паперу, відходи від транспорту, який забезпечує роботу всього виробничого процесу, відходи у вигляді старих електроламп, побутові відходи тощо. На рис. 3.6 наведено побутові відходи.



Рис. 3.6 Побутові відходи.

Всі ці відходи відносять до твердих відходів. Їх необхідно утилізувати або закопувати у землю. Для утилізації таких відходів необхідно мати відповідне технологічне устаткування, а для закопування у землю виділені ділянки із всіма необхідними дозволами. Тому, для раціонального використання відходів необхідно їх розсотувати і утилізувати згідно економічних розрахунків та екологічних норм.

### **3.2. Способи утилізації промислових відходів**

Для паперових виробництв, важливим є здійснювати контроль за утвореними відходами та її утилізацією. Як зазначалося вище, промислові відходи мають антропогенне навантаження на довкілля. Тому, раціональні способи їх утилізації є актуальними сьогодні, як ніколи. Важливим способом утилізації відходів є їх повторна переробка із отриманням відповідної продукції, або використовувати як наповнювач.

Повторна обробка відходів позитивно впливатиме на використання сировинних ресурсів, зменшить кількість відходів та вплив на довкілля, надасть

екологічну винагороду із отриманої продукції. Тому, закопування відходів або їх спалювання без застосування технологій захисту довкілля недопустиме та негативно впливатиме на навколишнє середовище.

Оскільки паперове виробництво має велику кількість промислових відходів, з яких можна виготовляти продукцію різного асортименту (див розд. 1.), тому необхідно проаналізувати способи утилізації промислових відходів. У нашій роботі ми вивчаємо та досліджуємо утилізацію відходів паперового виробництва. Як приклад утилізація таких відходів може бути у вигляді їх переробки у паливні гранули.

На рис. 3.7. наведено промислову установку із виготовлення паливних гранул із шламу від паперового виробництва.



Рис. 3.7. Установка для утилізації відходів паперового виробництва

Виготовлення паливних гранул, це одне із технологічне рішення, яке дозволить раціонально використовувати відходи паперового виробництва у вигляді шламу або кусків деревини. Як зазначало вище, при аналізі літературних джерел, з небезпечних відходів паперового виробництва, у вигляді шламу можна виготовляти різну продукції. Особливо екологічно безпечну продукцію із шламу картонного виробництва, де не використовується сульфітний та сульфатний способи виробництва.

Інший спосіб утилізації відходів паперового виробництва це є використання шламу паперового виробництва, у вигляді добавок при виробництві будівельних матеріалів. Для прикладу це може бути виготовлення пористих наповнювачів,

які використовуються для теплової ізоляції, можуть додаватися до цементної суміші при виготовленні будівельної цегли або блоків, при виготовленні покрівельного матеріалу, як добавки до клейових будівельних сумішей, тощо.

На рис. 3.8. наведено технологічну схему виготовлення пористих наповнювачів із деревинного шламу.

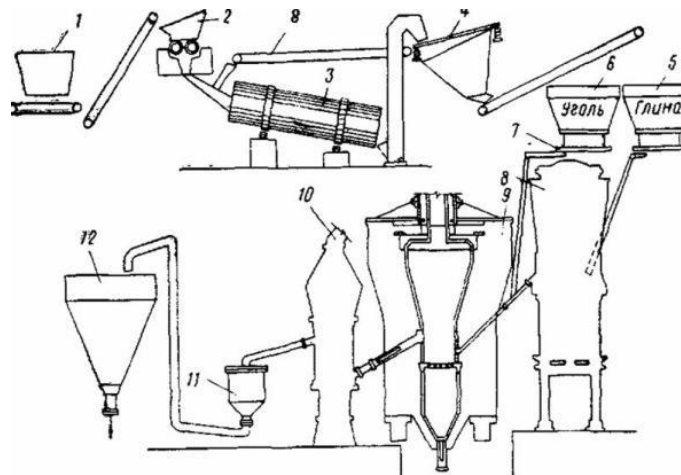


Рис. 3.8. Технологічна схема виготовлення пористих наповнювачів.

Деревинний шлам із картонного виробництва можна використовувати як компост для підживлення садових дерев, який наведено на рис. 3.9.



Рис. 3.9 Компост із деревинного шламу.

Як бачимо із деревинного шламу отриманого у технологічному процесі виготовлення паперової продукції можна отримати велику кількість продукції, або напівфабрикатів, які є безпечними для довкілля і вирішують одну із важливих задач целюлозо-паперового виробництва. Необхідно нагадати, що загальний обсяг виготовлення паперу у Європейських країнах у 2022 році становив 84,8 млн. т.

На рис. 3.10 наведено виробництво паперу у країнах Європи із 1991 по 2022 роки

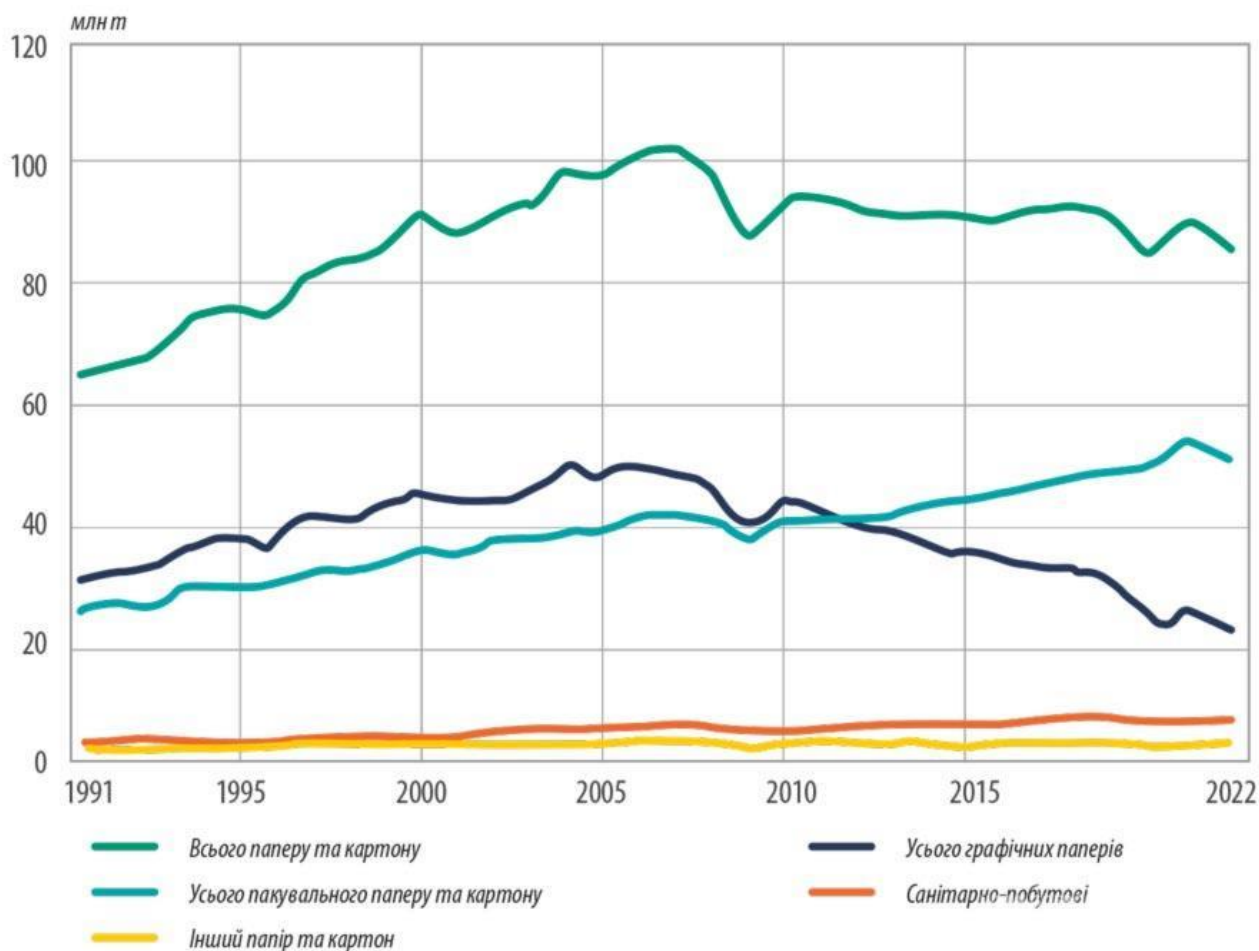


Рис. 3.10 Виробництво паперу у країнах Європи.

Як видно із рис. 3.10. виробництво паперової продукції зростає. Дещо зменшився випуск продукції під час короно вірусної епідемії. На сьогодні виробництво паперової продукції починає зростати.

Підсумовуючи можна відзначити, що утилізація відходів паперового виробництва має важливе значення як з екологічних, технологічних та економічних міркувань. Це пояснюється великим об'ємом утворення відходів деревинного виробництва, їх якісним складом та невеликою шкідливістю для навколишнього середовища. Також важливим є і те, що відходи паперового виробництва у вигляді шламу можуть використовуватись для багатьох видів продукції, завдяки своєму природньому походженню, хорошими механічними та хімічними властивостями. Окрім того, такі відходи мають і властивість надавати

продукції відповідної еластичності та пружності. Це важливо для будівельних конструкцій та клейових будівельних сумішей де використовується деревинний шлам. Тому, утилізувати деревинний шлам в порівнянні з іншими видами твердих відходів є економічно вигідно та екологічно безпечно.

### **3.3 Висновки із розділу**

Завершуючи даний розділ магістерської роботи можна зробити такі висновки:

1. Промислові відходи паперового виробництва за своїм складом відповідають хімічному складу деревини. А саме мають великий вміст целюлози, геміцелюлози та лігніну. Це робить даний клас відходів екологічно безпечними та дають можливість широко використовувати для повторного перероблення.

2. Сьогоднішній розвиток технологічних процесів має широкі можливості для повної утилізації промислових відходів паперового виробництва. Утилізація таких відходів дає можливість отримати продукцію високої конкуренції, зберегти при цьому сировинні та природні ресурси.

## РОЗДІЛ 4

### ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

#### 4.1. Технологічні рішення щодо утилізації деревинного шламу

Технологічні рішення щодо утилізації промислових відходів паперового виробництва можна приймати із прив'язкою до конкретного виробництва, або пропонувати для середньостатистичного підприємства даного профілю. Із моєї магістерської роботи видно, що технологічний процес виготовлення паперу складається практично із ідентичних технологічних операцій, послідовність яких повинна відповідати технологічному процесу виготовлення продукції. Тому, технологічні рішення щодо утилізації промислових відходів підприємств паперового виробництва матимуть також ідентичні рішення для будь-якого підприємства із виробництва паперу. Різниця буде лише в тому, яку кількість відходів необхідно утилізувати, і які вигоди будуть від запропонованих технологічних рішень.

Враховуючи це можна пропонувати технологічні рішення щодо утилізації деревинного шламу, який отримує підприємство із технологічного процесу виготовлення паперу. Як зазначалось у попередніх розділах моєї роботи найбільшою часткою серед відходів паперового виробництва є відходи у вигляді шламу, отриманого від приготування целюлозного полотна. Шлам - це завислі частинки у водному середовищі. У нашому випадку це дрібні частинки целюлози, які залишилися у воді після виготовлення целюлози. Тобто, це волокна целюлози деревини, які мають менші розміри у порівнянні із волокном, після полону деревини. Тому, такі волокна після їх відокремлення від води, утворюють масу із деревинних волокон, яка має певні характеристики і може бути використана для подальшої переробки, з метою отримання відповідної продукції. Необхідно відзначити, що не всі промислові шлами, можуть піддаватися утилізації для повторної переробки. Багато промислового шламу від виготовлення певної продукції, через небезпеку яку вони можуть нести, необхідно утилізувати іншими більш радикальними способами, а саме

спалюванням за високих температурних режимі із подальшим очищенням димових газів, або хімічною нейтралізацією шкідливих речовин, або захороненням у відповідних саркофагах. Яке технологічне рішення приймати для певного технологічного процесу буде залежати від кількісного, якісного та хімічного складу отриманого шламу.

Для шламу отриманого із паперового виробництва технологічні рішення щодо його утилізації повинні прийматися виходячи із його безпечності, якісних характеристик та природнього походження. Тому, у своїй роботі я пропоную для підприємств з виготовлення паперу, отриманий шлам переробляти для отримання будівельно продукції, оскільки саме у будівельних виробках він може бути якісно використаний, та надати будівельним виробам відповідних властивостей та характеристик.

До основних характеристик деревинного шламу відноситься те, що до його складу входить волокна, наповнювач, зола, мул та мікроорганізми. Переробка такого шламу є перспективною. Як технологічне рішення пропонується виготовляти із деревинного шламу штучний пористий наповнювач для будівельних потреб.

Цей матеріал може бути як добавка до бетонних виробів, які формують разом із бетоном легкі бетонні конструкції. Характеристика пористого наповнювача наведена у табл. 4.1.

Таблиця 4.1.

Характеристика пористого наповнювача

¶ Показники	Марка						
	П-15	П-15	П-25	П-25	П-35	П-50	П-75
Густина, кг/м <sup>3</sup>	400	450	500	600	700	800	900
Міцність на стиск, МПа	<0,6	<0,6	0,6..0,7	0,6..0,7	0,7..1,1	1,1..1,5	1,5..2,1

Як видно із табл. 4.1 пористий наповнювач має хороші механічні показник. Тому його можна використовувати як добавку для багатьох матеріалів.

На рис. 4.1 наведено технологічну схему виготовлення пористого наповнювача.

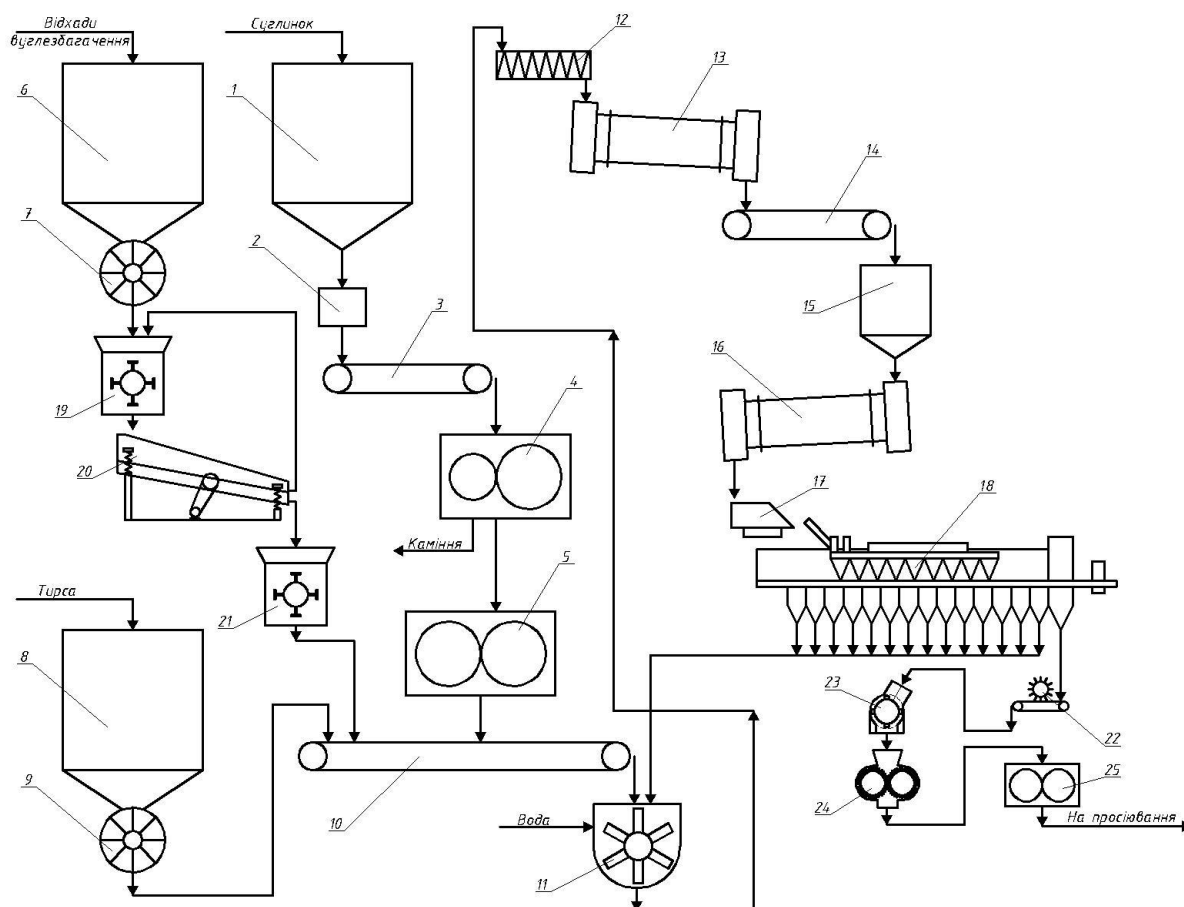


Рис. 4.1. Технологічна схема виготовлення пористого наповнювача.

1 – бункер, 2 – живильник, 3 – транспортер, 4 – вальці грубі, 5- вальці тонкі, 6 – бункер, 7 - дозатор, 8 – бункери, 9 – дозатор, 10 – транспортер, 11 – змішувач, 12 – транспортер, 13 – гранулятор, 14 – транспортер, 15 – бункер, 16 – живильник, 17 – укладач, 18 – агломераторна машина, 19 – дробарка, 20 – грохіт, 21 – дробарка, 22 – коржелям, 23 – дробарка роторна, 24 – дробарка зубчата, 25 – дробарка валкова.

Підсумовуючи необхідно зазначити, що деревинний шламу паперового виробництва пропонується утилізувати метод повторного перероблення для виготовлення пористого наповнювачу, який можна використовувати як утеплюючий матеріал у будівництві.

## 4.2. Технологічні рішення щодо утилізації побутових відходів

Щодо побутових відходів, які утворюються при виробничому процесі виготовлення паперу то вони є різного типу і характеризуються певними властивостями. Тому їх утилізація може бути небезпечною для навколишнього середовища. Для технологічних рішень щодо утилізації такі відходів необхідно знати їх хімічний склад. Тому такі відходи необхідно сортувати окремо одні від інших. Це дозволить здійснити їх безпечну утилізацію, враховуючи їх склад, кількість та характеристики. Як зазначалось у розділі 3 при виготовленні паперу утворюються відходи від макулатури, від пакування целюлози і макулатури та інші побутові відходи. Для забезпечення екологічних норм такі види відходів після сортування необхідно утилізувати відповідно до інструкції утилізації певних категорій відходів.

Для прикладу у табл. 4.2 наведено відходи паперового виробництва на Жидачівському ЦПК з відповідним класом небезпечності..

Таблиця 4.2

Клас небезпечності відходів.

Код	Найменування	Група	Клас небезпечності	Об'єм видалення (тис. тон.)	
				Всього	За попередній рік
2111.2.6.08	Скоп	0204	IV	101182,469	64,36
112.1.1.03	Макулатура	1801	IV	25025,205	785,405
6000.2.8.19	Шлам	0204	IV	31,17	0,30
2741.2.9.05	відпрацьована суміш	0204	IV	267	0
2000.2.2.16	Залишки кори	1801	IV	15670,208	0
7720.3.1.01	Відходи змішані	1801	IV	88362,922	64,36

Як видно із табл. 4.2 промислові відходи паперового виробництва відносяться до четвертого класу небезпечності, що не становить значної небезпеки для довкілля та навколишнього середовища

У табл. 4.3 наведено найбільш небезпечні відходи

## Найнебезпечніші відходи

Відходи	Код	Уміст, %
1	2	3
Ртуть та її сполуки	C-26	0,12
Алюміній та його сполуки	C-01	1,30
Залізо та його сполуки	C-10	0,08
Мідь та її сполуки	C-19	0,39
Цинк та його сполуки	C-41	0,12
Вольфрам та його сполуки	C-08	0,153
Нікель та його сполуки	C-23	0,03

Як видно із таблиць отримані відходи виробничого процесу при виготовленні паперової продукції не відносяться до шкідливих викидів, тому їх утилізація не потребує додаткових заходів, які пов'язані із небезпечною переробкою відходів.

Щодо побутових відходів, які утворюються на підприємствах паперового виробництва, то пропонується забезпечити роздільне сортування таких відходів у відповідні контейнера. Ці контейнера повинні бути розміщені біля кожного технологічного приміщення де працюють люди. Контейнера повинні бути підписані для яких видів відходів вони призначені.

Утилізація таких відходів повинна відбуватися як звичайних побутових відходів, тобто їх вивозом на переробні заводи сміття. Для цього необхідно спеціальна автомобільна техніка, яка призначена для вивозу таких відходів за територію підприємств.

Щодо інших відходів, а саме відходів від комп'ютерної техніки, відходи від освітлення, відходи від автомобільного транспорту, то вони повинні бути утилізовані згідно вимог утилізації із складання відповідного акту утилізації такого типу відходів.

Щодо забруднення атмосферного повітря димовими газами від генерування теплової, або електричної енергії, то для цього необхідно у димохідні системи монтувати потужні фільтраційну установки для очищення таких димових газів.

### **4.3. Висновки з розділу**

Підсумовуючи розділ з технологічних рішень щодо утилізації промислових відходів паперового виробництва можна зробити наступні висновки:

1. Найбільшу кількість відходів при виробництві паперу утворюється під час технологічного процесу виготовлення целюлозної маси. Дані відходи утворюються у вигляді шламу, який пропонується утилізувати шляхом повторного перероблення. Для цього пропонується деревинний шлам повторно переробляти для виготовлення пористого наповнювача, який рекомендується використовувати у будівництві, як утеплюючий матеріал при виготовленні бетонних конструкцій, або для інших конструкцій. Для цього пропонується технологічна схема його виготовлення з можливістю її використання як проектних рішень при монтажі технологічного процесу.

2. Наступні технологічні рішення щодо утилізації промислових відходів пропонується для інших відходів промислового виробництва паперу, включаючи і побутові відходи. Для цього пропонується використовувати стандартні на сьогоднішній день рішення щодо утилізації таких відходів. Всі ці рішення прописано у даному розділі моєї магістерської роботи

## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Безпека праці при утилізації твердих відходів

Безпека праці при утилізації технологічних відходів має важливе значення, оскільки такі відходи можуть мати різне походження та вимоги щодо їх зберігання. Тому, це потрібно враховувати при роботі із такого типу відходів. Щодо відходів, які виникають при виробництві паперової продукції, то вони, як правило, мають викиди, які відносять до четвертої групи небезпеки. Тобто це відходи, які не мають застережень щодо їх використання для утилізації або повторної обробки. Це пояснюється їх походженням, а саме дані відходи мають природне походження, оскільки утворюються із деревини. Тобто це волокна деревини, які піддавались обробці сульфітним або сульфатним методом. Такі відходи матимуть у своєму складі хлор та сполуки на його основі. Це робить тверді відходи більш небезпечними. Тому це необхідно враховувати при їх утилізації та роботі з ними.

Як зазначалось у попередніх розділах, дані відходи отримують із стічних вод після виготовлення паперу. Для цього стічні води витримують у первинних відстійника. Тобто паперовий шлам утворюється після осідання у відстійників забрудненої води. Тому, безпека праці повинна починатися з роботи із стічними водами. Для таких видів роботи необхідно засоби захисту. Для цього потрібно використовувати засоби захисту тіла від попадання стічної води на частині людського тіла. Тому необхідно використовувати прогумований костюм, гумове взуття, гумові рукавиці, окуляри та каска. Всіма цими засобами повинні бути забезпечені працівники.

Для забору контрольних проб стічних вод на аналіз, необхідно використовувати спеціальний посуд та пристосування для його кріплення, щоб можна було б зробити забір води із відстійника. Це спеціальні засоби, у вигляді металевого посуду із відповідним пристосування для даного виду роботи. Окрім того необхідно мати і відповідне лабораторне устаткування та хімічні реагенти для проведення аналізу вмісту у воді шкідливих речовин.

На рис. 5.1 наведено прилади для забору із стічних вод проб води на нанліз.

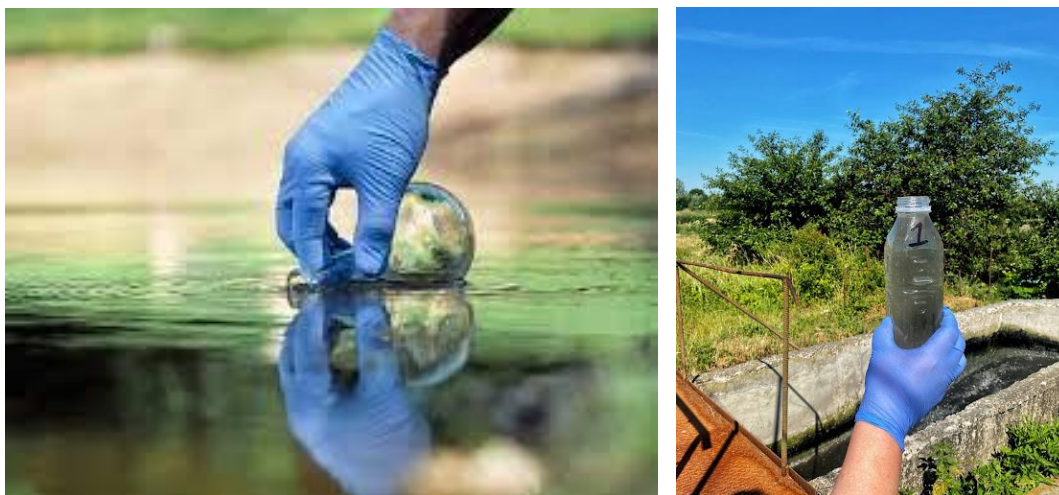


Рис. 5.1 Забір стічних вод на аналіз

На рис 5.1. наведено лабораторне устаткування для проведення аналізу води.



Рис 5.1. Лабораторне устаткування для аналізу води

Наступними кроком при роботі із утилізації деревинного шламу це робота безпосередньо із шламом. Для цього необхідно мати відповідний одяг та взуття. Такі вимоги необхідно забезпечити, оскільки це шлам у вигляді мулу та різного роду хімічних сполук? що залишились від сульфїтного та сульфатного способу виготовлення паперу. Такий шлам необхідно перевірити на хімічний склад та вміст небезпечних речовин. Якщо виявлено небезпечні речовини, то необхідно проаналізувати їх можливий вплив на організм людини, особливо на органи дихання та очі. Якщо виявлено їх шкідливий вплив на органи дихання, то

необхідно використовувати спеціальні засоби захисту, а саме респіратори або захисні маски. Якщо випари шламу не мають шкідливого впливу на органи дихання, то для захисту можна використати маски.

На рис. 5.2 наведено засоби захисту органів дихання від шкідливих випарів із деревинного шламу та спецодягу.



Рис. 5.2. Засоби захисту органів дихання та тіла

При утилізації шламу із деревини потрібні також відповідні засоби захисту у вигляді спеціального одягу. Як зазначалося вище у моїй магістерській роботі пропонується із шламу виготовляти різну продукцію, яку можна використовувати у побуті, а саме при виготовленні будівельних виробів та конструкцій, добавок до клейових матеріалів, тощо. Тому всі роботи що пов'язані із виготовлення такого виду продукції виконуються у технологічному цеху при використанні різного роду устаткування. Всі правила техніки безпеки та безпеки роботи на технологічному обладнанні повинні виконуватись на робочих місцях. Для цього необхідно використовувати спеціальний одяг при роботі у даному цеху.

Цех де буде проходити виготовлення будівельної продукції із використанням деревинного шламу повинні бути обладнані вентиляційними установками для забезпечення у цеху чистого повітря відповідно до санітарних вимог із техніки безпеки. Ці вимоги є загальними для такого типу підприємств. Також необхідно забезпечити працівників, які працюють у цеху, можливість доступу до протічної води на випадок попадання шламу на руки або лице, щоб

була можливість промити із милом ділянки де попав шлам та рушники для того щоб можна було б витерти руки.

Заходи щодо вимог проведення медичного огляду працівників також повинна бути забезпечена для кожного працівника. Тобто на роботу можна приймати тільки працівників із пройденим медичним оглядом та довідкою від лікаря про дозвіл особи працювати на даному типі виробництва.

Щодо інструктажів з техніки безпеки, то вони повинні проводитись регулярно відповідно до вимог з безпеки праці. А саме це повинні бути загальний інструктаж при прийомі працівника на роботу та інструктаж на певне робоче місце. Також необхідно проводити інструктаж з техніки безпеки при роботі із шкідливими речовина або сполуками на їх основі.

Щодо гігієни харчування, то приймати їжу на робочих місцях у цеху категорично заборонено. Для прийому їжі повинні бути відведені спеціальні місця для прийому їжі, або їдальня. Також для відпочинку повинні бути відведенні спеціально обладнанні місця в цеху або за його межами. Для паління повинні бути відведені відповідні приміщення, із доброю вентиляційною системою, щоб запах диму та тютюну не розповсюджувався по території де працюють люди.

Щодо території де рухаються транспортні засоби, то також повинні бути передбаченні заходи з техніки безпеки. Тобто для переміщення працівників повинні бути відведенні тротуари, місця відзначенні жовтими стрічками де можуть рухатися люди. Ці місця повинні бути безпечними і транспортні засоби не повинні там переміщатися. Щодо внутрізаводського транспорту то він також повинен відповідати вимогам техніки безпеки, тобто він повинен бути обладнаний спеціальними жовтими маячками, які під час його руху повинні блимати. А також, такий транспорт повинен бути оснащений звуковою сигналізацією, особливу під час його руху заднім ходом.

Великогабаритний транспорт який рухається по території підприємства повинен забезпечити перевіз вантажів таким чином, щоб не нашкодити території підприємства та працівникам. При перевезенні колод, або пачок із макулатурою,

папером або іншою великогабаритною сировиною чи продукцію повинно бути забезпечено безпека перевозу.

## **5.2. Екологічна безпека при переробленні деревинного шламу**

Утилізація промислових відходів під час виготовлення паперової продукції включає декілька етапів, які пов'язані із технологічним процесом виготовлення паперу. А саме утилізація відходів технологічного процесу та утилізація відходів виробничого процесу. Щодо утилізації відходів виробничого процесу, то вони включають відходи після спалювання твердого палива при генеруванні теплової енергії для обігріву приміщень, підігрів води під для виготовлення целюлозної маси, відходи від залишків деревини при виготовленні паперу із деревини, тощо.

Щодо технологічного процесу, то він включає відходи від приготування целюлозної маси та відходи від макулатури, яка поступає на переробку. Основна частина цих відходів, це стічні води та відходи від макулатури, які необхідно утилізувати. Щодо стічних вод, то як зазначалося вище, це сировина, з якої після очищення отримують деревинний шлам.

Відповідно до інформації, яку наведено у моїй магістерській роботі деревинний шлам, який утворюється після виготовлення паперової продукції має важливе значення для подальшого використання, шляхом його переробки. Разом з тим позитивним моментом, тобто його переробкою, такі відходи можуть нести небезпеку для навколишнього середовища. Тому, проаналізуємо деревинний шлам з безпеки впливу на довкілля при його переробленні.

Як відзначено вище деревинний шлам сам по собі являється безпечним матеріалом для довкілля, до того моменту, поки в нього не попадають хімічні речовини, або сполуки під час сульфатного або сульфатного виготовлення паперу.

Для переробки використовується як шлам після сульфатної, так і шлам після сульфатної переробки. Тобто у шламі можуть бути залишки хлору або його похідні. Це необхідно враховувати при повторній переробці шламу.

Як зазначалося вище, найбільший відсоток шламу використовується для виготовлення будівельної продукції. Його вміст у будівельній продукції є незначним, але несене небезпеку для навколишнього середовища може. Тому, потрібно вживати заходів щодо запобіганню забрудненню навколишнього середовища.

Для прикладу, при виготовленні плитних матеріалів для будівництва, використання деревинного шламу служить як клей, який допомагає формувати з'єднання між подрібненими деревинними частинками. Тому, забруднення довкілля може бути у вигляді випарів розчинників, синтетичних клеїв, тощо. Тому, такий технологічний процес після виготовлення продукції також необхідно контролювати щодо шкідливих викидів.

На рис.5.3 наведено плитні матеріали для будівництва із використанням деревинного шламу



Рис. 5.3. Плитні матеріали із використанням деревинного шламу.

Підсумовуючи можна відмітити, що екологічні заходи при утилізації промислових відходів не несуть небезпеки для довкілля та навколишнього середовища.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Виходячи із проробленої мною роботи у даній магістерській роботі, яка присвячена утилізації відходів після виробничого та технологічного процесу виготовлення паперу можна зробити наступні висновки:

1. Проаналізовано літературні джерела щодо виробничого та технологічного процесу виготовлення паперу, утворення промислових відходів та методів їх утилізації. На основі отриманої інформації встановлено, що проблеми із відходами на такого типу підприємствах існують, тому утилізація промислових відходів після технологічного процесу виготовлення паперу потребує вивчення та дослідження. Тому моя робота і присвячена вирішенню даних проблем паперового виробництва виходячи із вимог щодо захисту та збереженню довкілля.

2. Здійснено аналіз та вивчення технологічних процесів з виготовлення паперової продукції. Встановлено, що дані технологічні процеси мають два напрямки, а саме напрямок із виготовлення паперу та напрямок із виготовлення картону. Ці два технологічні етапи схожі між собою. Щодо утворення відходів, то у технологічному процесі із виготовлення паперу утворюються відходи більш небезпечні, оскільки у процесі використовуються хімічні речовини для відбілювання целюлози.

3. Вивчено та проаналізовано кількісний та якісний склад промислових відходів від технологічного процесу виготовлення целюлози та від виробничого процесу підприємства. Встановлено склад та небезпеку яку несуть промислові відходи від виготовлення паперу. Вивчено способи утилізації відходів при виготовленні паперу.

4. Запропоновані технологічні рішення щодо утилізації промислових відходів від виготовлення целюлозного полотна. Запропоновано технологічну схему для виготовлення порожнистого наповнювача із деревинного шламу.

5. Запропоновано технологічні рішення щодо утилізації побутових та інших відходів виробничого процесу із виготовлення паперової продукції.

Побутові відходи пропонується утилізувати на загальних умовах утилізації таких відходів.

б. Запропоновано заходи з безпеки праці під час утилізації промислових відходів у вигляді шламу та його переробку на пористий наповнювач. Запропоновані заходи із екологічно безпеки при утилізації відходів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В.М. Сторожук, О.В. Мельников, Б.Я. Кшивецький, Г.В. Сомар, І.А. Соколовський, О.М. Маєвська. Технології захисту навколишнього середовища. Поводження з відходами. Підручник. М-во освіти і науки України. Нац. лісотехн. ун-т України. – К. Вид. дім «Професіонал» 2023. – 354 с. ISBN978-966-570-837-7.
2. Кшивецький Б.Я., Сторожук В.М., Маєвська О.М., Соколовський І.А., Гайда С.В. Методичні рекомендації для підготовки магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Львів: НЛТУ України, 2023. – 44 с.
3. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В., Крусір Г.В., Клименко М.О., Сакалова Г.В. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 1 Захист атмосфери: підручник – Херсон. : Олді-плюс, 2019. – 432 с.
4. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Петрук Р.В. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 2 Методи очищення стічних вод – Херсон. : Олді-плюс, 2019. – 298 с.
5. Антоненко Л.П. Очистка та рекуперація промислових викидів целюлозно- паперових виробництв: навч. посіб. / Л.П.Антоненко, І.М. Дейкун, М.Д. Гомеля. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 188 с.
6. Bajpai P. Management of Pulp and Paper Mill Waste / P. Bajpai. – Switzerland. Springer Inter-national Publishing, 2015. – 193 p.
7. Buswell A.M. Mechanism of methane fermentation / A.M. Buswell, H.F. Mueller // Ind. End. Chem. – 1952. – Vol. 44, № 3. – Pp. 550-552.
8. Xu C. Conversion of secondary pulp/paper sludge powder to liquid oil products for energy re-covery by direct liquefaction in hot-compressed water / C. Xu, J. Lancaster // Water Res. – 2008. – № 42. – Pp. 1571-1582
9. Додаткові розділи очистки та рекуперації промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини: Метод. вказівки до виконання курсової роботи для студентів напряму підготовки 6.051301 «Хімічна

технологія» спец. «Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини» / Уклад.: Л. П. Антоненко, І. М. Дейкун, В. Г. Плосконос – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 34 с.

10. Промислова екологія: Навчальний посібник / С. О. Апостолук, В. С. Джигирей та ін. – К.: Знання, 2005. – 268 с.

11. Білявський Г. О., Бутченко Л. І., Навроцький В. М. Основи екології. Теорія та практикум: Навчальний посібник. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.

12. Северин Л. І., Петрук В. Г., Безвозюк І. І., Васильківський І. В. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери: навчальний посібник – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 388 с.

13. Погребенник В.Д. Оперативне вимірювання інтегральних параметрів водного середовища та донних відкладів. Монографія. – Львів: СПОЛОМ, 2011.2. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації. – Львів: Новий світ. – 2004.

14. Теверовський Б.З. Розрахунки пристроїв для очистки промислових газів від пилу. Навч. посібник. – НМК ВО, 1991.

15. David P.K. Converting paper, paper mill sludge and other industrial wastes into pellet fuel /P.K. David // Tappi Press, USA. – 1995. – Pp. 365-367.

16. Prasetyo J. Waste paper sludge as a potential biomass for bioethanol production / J. Prasetyo, E.Y. Park // Korean J. Chem. Eng. – 2013. – Vol. 30, № 2. – Pp. 253-261.

17. Папір, картон забруднені, знищення документів.  
<https://ecological.investments/papir,-karton-zabrudneni,-znishhennya-dokumentiv.html>