

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ДЕРЕВООБРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ДИЗАЙНУ

Кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини та безпеки  
життєдіяльності

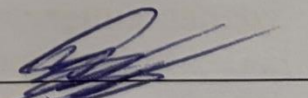
## Пояснювальна записка

до диплому/роботи магістра

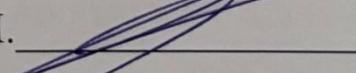
на тему: *«Аналіз та дослідження впливу  
технологічного процесу з виготовлення паперу  
на довкілля.»*

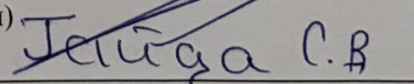
Виконав: студент VI курсу, групи ТЗНС- 61м

Спеціальності 183 «Технології захисту  
навколишнього середовища»

Мостіпан Р. С.   
(прізвище та ініціали)

Керівник

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

Рецензент   
(прізвище та ініціали)

Львів 2025

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.

“ 13 ” 06 2025 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Мостіпан Руслан Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Аналіз та дослідження впливу технологічного процесу з виготовлення паперу на довкілля.»

керівник роботи Кшивецький Богдан Ярославович, доктор техн. наук, професор,

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

затверджені наказом по університету від “ 13 ” 05 2025 року №...С-316.

2. Строк подання студентом роботи до 15 грудня 2025

3. Вихідні дані до роботи: технологічний процеси з виготовлення паперу.

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

1. Літературний огляд.

2. Технологічний процес з виготовлення паперу.

3. Забруднення навколишнього середовища технологічним процес виготовлення паперу.

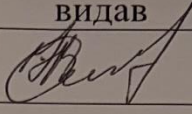
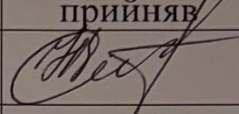
4. Екологічні рішення щодо впливу технологічного процесу з виготовлення паперу на довкілля.

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 13 травня 2025 року

Керівник проекту проф. Кшивецький Б.Я.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Літературний огляд	до 01.09.25	
2.	Технологічний процес з виготовлення паперу	до 15.09.25	
3.	Забруднення довкілля технологічним процесом з виготовлення паперу	до 01.10.25	
4.	Рішення щодо впливу технологічного процесу з виготовлення паперу на довкілля	до 20.09.25	
5.	Розділ з охорони праці	до 15.11.25	
	Висновки.	до 01.12.25	
	Оформлення роботи	до 15.12.25	

Студент

Мостіпан Р. С.

Керівник проекту

проф. Кшивецький Б.Я.

## РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота складається із: пояснювальної записка - 59 стор., 35 рисунки, 6 таблиці і 22 джерел.

У магістерській роботі зроблено аналіз технологічного процесу з виготовлення паперу та досліджено його вплив на довкілля. Проаналізовані технологічні процеси з виготовлення паперу, відходи, які утворюються на кожному етапі технологічного процесу з виготовлення паперу та їх вплив на довкілля. Досліджено технологічний процес з виготовлення паперу на базі існуючих підприємств із виготовлення целюлозно-паперової продукції та встановлено, що найбільше довкілля будуть забруднювати стічні води, які утворюються при виготовленні паперу, а також скопом, який утворюється у великих об'ємах у стічних водах. Утворенні відходи найбільший вплив будуть мати на ґрунти та ґрунтові води. Разом з тим, відходи у вигляді скопу можуть використовуватися як сировинна база для виготовлення іншої продукції. Запропоновані заходи з охорони праці при роботі для технологічного з виготовлення паперу.

Ключові слова: папір, стічні води, довкілля, відходи, скор, целюлозно-паперове виробництво.

## ABSTRACT

Master's thesis explanatory note 59 pages, 35 figures, 6 tables, 22 sources.

The master's thesis analyzes the technological process of papermaking and studies its impact on the environment. The technological process of papermaking, waste generated at each stage of the technological process of papermaking and their impact on the environment are analyzed. The technological process of papermaking based on existing enterprises for the production of pulp and paper products is studied and it was found that the greatest environmental pollution will be caused by wastewater generated during papermaking, as well as scum, which is formed in large volumes in wastewater. The waste generated will have the greatest impact on soils and groundwater. At the

same time, waste in the form of scum can be used as a raw material base for the production of other products. Occupational safety measures are proposed for work in the technological process of papermaking.

Keywords: paper, wastewater, environment, waste, waste, pulp and paper production.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Для написання магістерської роботи на тему «Аналіз та дослідження впливу технологічного процесу з виготовлення паперу на довкілля» необхідно:

1. Аналіз підприємств галузі з виготовлення паперу та їх вплив на довкілля.
2. Технологічний процес з виготовлення паперу.
3. Дослідити забруднення довкілля технологічним процесом з виготовлення паперу.
4. Технологічно-екологічні рішення щодо зменшення забруднення довкілля технологічним процесом із виготовлення паперу.
5. Заходи з безпеки праці.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАПЕРУ.....	12
1.1. Аналіз виготовлення паперу на Жидачівському целюлозно-паперовому комбінаті.....	12
1.2. Аналіз виготовлення паперу у Львівському картонно-паперовому комбінаті.....	16
1.3. Забруднення довкілля технологічними процесами із виготовлення паперу.....	18
1.4. Висновки з розділу.....	20
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ІЗ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАПЕРУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ.....	23
2.1. Дослідження технологічних процесів з виготовлення паперу.....	23
2.2. Дослідження забруднень довкілля виробничих процесів з виготовлення паперу.....	25
2.3. Висновки з розділу ... ..	28
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДХОДІВ ВІД ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАПЕРУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ.....	29
3.1. Характеристика відходів від технологічного процесу виготовлення паперу.....	29
3.2. Очищення стічних вод картонно-паперової промисловості .....	35
3.3. Висновки з розділу.....	35
РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ З ВИГОТОВЛЕННЯ ПАПЕРУ ...	40
4.1. Дослідження хімічного складу скопу та його використання .....	40
4.2. Технологічні рішення щодо використання скопу.....	46
4.3. Висновки з розділу.....	44
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	49
5.1. Безпека праці при виготовленні паперу.....	49

5.2. Пожежна безпека при виготовленні паперу.....	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	55

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Технологічні процеси деревообробного виробництва, до яких входить технологічний процес з виготовлення паперу, відрізняються від технологічних процесів інших галузей виробництва, оскільки основним конструкційним матеріалом (сировиною) є деревина, яка являє собою природний матеріал, що володіє специфічними властивостями та складається із хімічних компонентів, які здатні розкладатися, вступати у хімічні реакції з іншими сполуками, тощо. Тому, в залежності від того, чи деревина є конструкційним матеріалом, чи сировиною, будуть проектуватися технологічні процеси з обробки деревини.

При виготовленні паперу, деревина виступає як сировина. Тому, технологічний процес з виготовлення паперу буде включати технологічне обладнання із глибокої хімічної переробки деревини. Тому, основними компонентами є целюлоза, геміцелюлоза та лігнін. Для отримання даних компонентів із деревини, технологічний процес буде складатися із спеціального обладнання, яке вимагає високотемпературних режимів обробки деревини.

У технологічних процесів з виготовлення паперу використовують технологію подрібнення та розмелювання деревини, варіння целюлози, тощо. Такі технологічні процеси вимагають використання великої кількості води.

Технологічні процеси з виготовлення паперу є неперервними. Тому це вимагає цілодобової роботи технологічного обладнання, яке є надзвичайно енергоємним, тобто воно споживає багато електричної та теплової енергії. Все це вказує на те, що технологічний процес з виготовлення паперу буде мати значний вплив на довкілля. А саме, використання великих об'ємів води приводить до її забруднення, яка в кінцевому результаті може забруднювати довкілля та навколишнє середовище. Особливо від цього будуть страдати ґрунтові води та самі ґрунти. Окрім того для при генеруванні теплової та електричної енергії використовують різні види палива, яке при згорянні буде забруднювати атмосферне повітря. Важливе значення для довкілля та навколишнього середовища бути мати те, що технологічний процес буде використовувати великі

об'єми прісної води, яка з кожним роком стає все більш дефіцитним природнім ресурсом. Як бачимо технологічний процес з виготовлення паперу є складний безперервний та має негативний вплив на довкілля.

Дослідження технологічних процесів з виготовлення паперу, з точки зору їх впливу на довкілля та навколишнє середовище, є надзвичайно актуальною задачею, яка дозволить вирішити питання екологічного характеру. Особливо важливе значення мають дослідження із негативного впливу технологічного процесу із виготовлення паперу на довкілля, а саме забруднення ґрунтових вод, ґрунтів та атмосферного повітря.

Тому у моїй магістерській роботі будуть проаналізовані та дослідженні технологічні процеси із виготовлення паперу та їх вплив на довкілля. Після цього будуть запропоновані технологічні або екологічні рішення, щодо зменшити вплив технологічного процесу на довкілля та навколишнє середовище.

Для цього нами поставлена мета та задачі дослідження, які необхідно вирішити у магістерській роботі.

**Метою роботи** Проаналізувати та дослідити вплив технологічного процесу з виготовлення паперу на довкілля, що дасть можливість зменшити покращити екологічну безпеку.

**Об'єкт дослідження:** шкідливі викиди та відходи паперового виробництва.

**Предмет дослідження:** технологічні процеси з виготовлення паперу

#### **Задачі дослідження:**

1. Проаналізувати технологічні процеси із виготовлення паперу та їх вплив на довкілля.
2. Описати та проаналізувати технологічні процеси з виготовлення паперу.
3. Дослідити фактори, які впливають на забруднення довкілля, здійснити їх аналіз, щоб запропонувати технологічні або екологічні рішення для технологічного процесу виготовлення паперу.

4. Еколого-технологічні рішення щодо зменшення впливу технологічного процесу з виготовлення паперу на довкілля.
5. Заходи з охорони праці.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ПІДПРИЄМСТВ ІЗ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАПЕРУ

#### 1.1. Аналіз виготовлення паперу на Жидачівському целюлозно-паперовому комбінаті

Технологічні процеси із виготовлення паперової продукції мають певну особливість, оскільки сировиною є деревина, яку із стовбура перетворюють на тонкий шар матеріалу у вигляді паперу. Для цього використовують механічне подрібнення деревини, її обробку за допомогою високих температур та води і сушіння. Тобто технологічний процес виготовлення паперу, як екологічно чистого матеріалу, може створювати екологічні проблеми із забрудненням ґрунтових вод, атмосферного повітря та ґрунтового покриву. Для зменшення впливу технологічних процесів на довкілля необхідно забезпечити належні екологічнобезпечні технології виготовлення паперу.

В Україні сьогодні функціонує багато виробничих та технологічних процесів із виготовлення паперової продукції і всі вони потребують екологічних рішень. Проаналізуємо деякі виробничі процеси, які на сьогодні успішно працюють у західному регіоні України, а саме Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат та Львівська картонно паперовий комбінат.

Щодо Жидачівського целюлозно-паперовий комбінату, то це один із комбінатів, який працює і виготовляє паперову продукцію ще з 1945 року. Це комбінат, який на протязі всього свого часу функціонування перебував у лідерах із кількості виготовлення паперової продукції та її асортименту. Не втратив свого лідерства і сьогодні, оскільки технологічний процес забезпечений високотехнологічним обладнанням та устаткуванням. У виробничому та технологічному процесах працюють висококваліфіковані працівники, які здатні забезпечити виготовлення якісної паперової продукції, яка користується попитом як в Україні так і закордоном. Целюлозно-паперовий комбінат знаходиться в м. Жидачів, Львівська обл. Комбінат сьогодні є

конкурентоспроможним виробничим процесом. У 2022 році комбінат випустив продукції на суму 510,8 млн. грн. [20]

На рис. 1.1 наведено Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат, а саме його адміністративну будівлю.



Рис. 1.1 Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат.

Щодо асортименту продукції, то на комбінаті він досить великий. А саме комбінат виготовляє папір та картон декількох марок. Особливою популярністю користується картон марки Е. Даний папір використовують для обгортки. Окрім того виготовляють велику кількість гофрованого картону. Тобто комбінат практично виготовляє паперову продукцію, яка користується попитом як в Україні так і закордоном.

Щодо сировини, то для виготовлення паперової продукції використовують сировину у вигляді пресованої целюлози та макулатури. Пресовану целюлозу закупають закордоном, а макулатуру в Україні. Продукція є сертифікована відповідає вимогам сировини для виготовлення паперу. Доставка сировини здійснюється автомобільним та залізничним транспортом. Комбінат має добрі автомобільні під'їдні шляхи. [20]

Для виготовлення білого паперу використовують пресовану целюлозу, а для паперу обгорткового використовують макулатуру.

На рис. 1.2. наведено сировину для виготовлення паперу



1.2. Сировина для виготовлення паперу

На рис. 1.3. наведено продукцію із целюлози.



Рис. 1.3. Папір виготовлений із целюлози.

На рис 1.4. наведено папір виготовлений із макулатури.



Рис. 1.4. Папір для виготовлення тари

Тобто на даному підприємстві виготовляють продукцію як з білого паперу так із сірого паперу.

Для виготовлення паперу використовують два способи, а саме сульфітний та сульфатний. Хоча що ще бувають і інші способи отримання паперу, а саме напівхімічний та содовий. Найбільшого використання набули сульфітний та сульфатний способи виготовлення паперу.

Папір за допомогою сульфатного способу отримують шляхом розділення целюлози та лігніну за допомогою кислого середовища. Для цього використовують водний розчин гідроксиду і сульфіду натрію.

Папір за допомогою сульфітного способу отримують шляхом розділення целюлози та лігніну за допомогою лужного середовища де використовують водний розчин сульфітів і бісульфітів відповідних основ, а саме основ (кальцію, магнію, натрію або амонію. [20]

Виходячи із аналізу літературних джерел, технологічний процес виготовлення паперу із целюлози чи макулатури потребує використання хімічних сполук. Окрім того технологічний процес виготовлення паперу вимагає значних об'ємів води, яка забруднюється та вимагає додаткових дії щодо її очищення. Тому така вода буде забруднювати довкілля, оскільки у своєму складі буде мати як хімічні речовини так і залишки нерозмеленої деревини у вигляді волокон. Все це робить воду непридатною для використання та зливання у водойми. На рис.1.5. наведено вода після виготовлення паперу.



Рис. 1.5. Вода після технологічного процесу виготовлення паперу.

Як бачимо вода після технологічного процесу виготовлення паперу і очищена від залишків целюлози та інших елементів деревини.

Підсумовуючи даний аналітичний розділ можна відзначити, що Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат для виготовлення паперової продукції використовує пресовану целюлозу, а для картону макулатуру. Тобто існує два технологічні процеси, які використовують великі об'єми води, що забруднюються та потребують очищення від хімічних сполук та залишків целюлози та деревини.

## **1.2. Аналіз виготовлення паперу у Львівській картонно-паперовій компанії**

Львівська картонно-паперовий компанія заснована у 2000 році як ВАТ «Львівкартонопласт», м. Львів, вул. Ковельська 109. На сьогодні це сучасне паперово-картонне виробництво, яке успішно веде свою діяльність. Дане підприємство виготовляє продукцію як на внутрішній ринок, так і експортує за кордон. Комбінат експортує свою продукцію у 23 країни Європи. Серед споживачів паперової продукції закордоном є Німеччина, Польща, Італія, Іспанія, Португалія, тощо. Основним видом продукції є серветки, туалетний папір, паперові рушники, та інша продукція, яка виготовлена із картонну. [21]

На рис. 1.6 наведено головний офіс картонно-паперової компанії.



Рис. 1.6. Головний офіс картонно-паперової компанії.

Сировиною для виготовлення паперу є целюлоза пресована та макулатура. Тобто даний технологічний процес практично аналогічний технологічному процесу Жидачівського целюлозно-паперового комбінату. Виробництво паперової продукції складається із двох технологічних процесів. А саме технологічний процес з виготовлення білого паперу та технологічний процес з виготовлення картону. Для виготовлення білого картону використовують целюлозу, а для виготовлення картону, як сировину, використовують макулатуру. Комбінат в місяць закупає велику кількість макулатури. [21]

Технологічний процес виготовлення білого паперу починається із розмелювання целюлози та приготування паперового полотна, з якого виготовляють папір. Основною продукцією із білого паперу є гігієнічні вироби та інша продукція.

На рис. 1.7 наведено склад із білого паперу.



Рис. 1.7. Склад із білого паперу

Другим технологічним процесом компанії є виготовлення картонної продукції із макулатури. Даний технологічний процес є окремим і сировиною є макулатура.

Обидва технологічні процеси використовують сульфатний та сульфітний способи обробки целюлози. Для виготовлення паперової продукції використовують значні об'єми води, яка після технологічного процесу забруднюється і потребує її очищення. [21]

На рис. 1.8 наведено склад із сірого паперу.



Рис. 1.8. Склад із сірого паперу

Підсумовуючи даний розділ можна зробити висновок, що для технологічного процесу виготовлення паперу використовують пресовану целюлозу, яку закупають. Для виготовлення картону сировиною служить макулатура. Ці технологічні процеси використовують велику кількість води, яка забруднюється хімічними сполуками від сульфатного та сульфідного способу обробки та залишків целюлози та деревини. Забруднену воду необхідно очищати.

### **1.3. Забруднення довкілля технологічними процесами із виготовлення паперу**

Як показав аналіз двох виробництв із виготовлення паперової продукції, а саме білого паперу та картону, технологічний процес вимагає використання значної кількості води, яка забруднюється хімічними речовинами та залишками целюлози і деревини. Проаналізуємо, яку небезпеку для довкілля несуть технологічні процеси із виготовлення паперу.

Технологічний процес виготовлення паперової продукції відноситься до процесів із високими температурами, тобто використовується технологічна операція сушіння паперової полотняної маси. Окрім того при сушінні виділяється пара із залишків води та хімічних речовини сульфатної та

сульфитної обробки. Все це впливає на атмосферне повітря як в середині цеху так і довкілля.

На рис. 1.9. наведено забруднення повітря Жидачівським целюлозно-паперовим комбінатом.



Рис. 1.9. Забруднення повітря Жидачівським целюлозно-паперовим комбінатом

На рис. 1.10. наведено забруднення води при виготовленні паперової продукції у картонно-паперовій компанії.

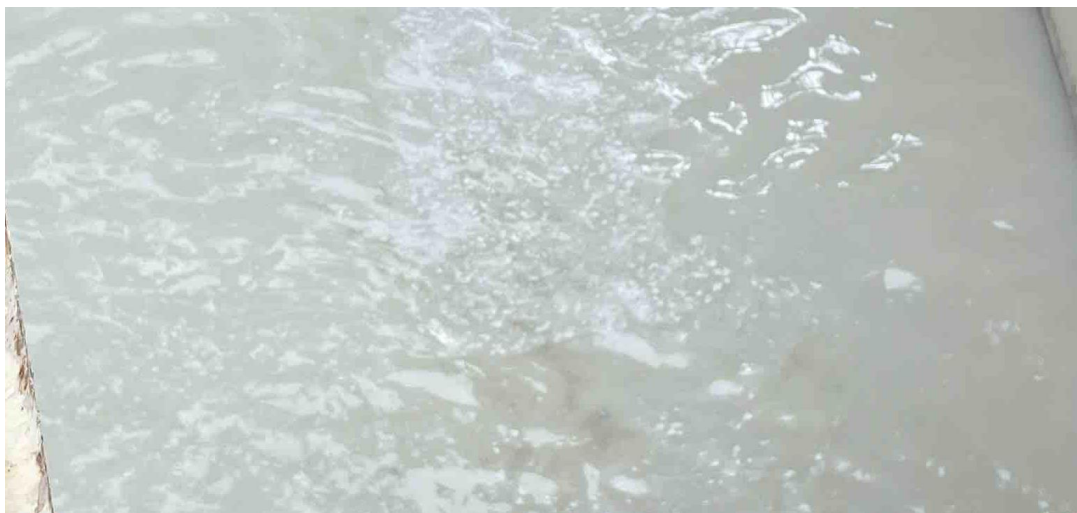


Рис. 1.10. Забруднена вода у Львівській картонно-паперовій компанії

Підсумовуючи даний розділ можна зробити висновок, що технологічні процес з виготовлення паперової продукції впливають на довкілля, забруднюючи його. Забруднення відбувається атмосферного повітря, димовими газами від генерування теплової енергії та води - хімічними сполуками від

сульфатного та сульфітного виробництва паперу. Стічна вода від целюлозного виробництва забруднює ґрунтові води та ґрунти.

#### **1.4. Висновки з розділу**

Підсумовуючи аналіз технологічних процесів Жидачівського целюлозно-паперового комбінату та Львівського картонно-паперової компанії, можна стверджувати.

1. Для технологічного процесу виготовлення паперу на Жидачівському целюлозно-паперовому комбінаті для виготовлення білого паперу, використовують пресовану целюлозу, яку закупають. Для виготовлення картону сировиною служить макулатура, яку також закупають. Ці технологічні процеси використовують велику кількість води, яка забруднюється хімічними сполуками від сульфатного та сульфітного способу обробки та залишків целюлози і деревини. Забруднену воду необхідно очищати.

2. Технологічні процес з виготовлення паперової продукції у Львівській картонно-паперовій компанії впливають на довкілля, забруднюючи його. Забруднення відбувається атмосферного повітря, димовими газами від генерування теплової енергії. Вода хімічними сполуками від сульфатного та сульфітного виробництва паперу, яка забруднює ґрунтові води та ґрунти.

## РОЗДІЛ 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ІЗ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАПЕРУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

#### 2.1 Дослідження технологічних процесів з виготовлення паперу

Технологічний процес з виготовлення паперової продукції включають певні технологічні операції, починаючи від отримання сировини і закінчуючи отриманням готової продукції. Щодо сировини, то Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат та Львівська картонно-паперова компанія використовуються сировина у вигляді готової целюлози, яку закупають.

Технологічний процес виготовлення паперу включає етапи, механічного та хімічного варіння целюлози. Технологічний процес починаючи від подрібнення сировини (целюлози) на дрібні фракції, варіння целюлози, формування однорідної маси із води та целюлози, формування паперового полотна, сушіння паперового полотна і отримання паперу.

Для виготовлення паперу використовують два способи хімічного варіння целюлози, а саме сульфітний та сульфатний. Найбільшою популярністю користується крафт варіння, тобто варіння з використанням гідроксиду натрію або сульфат натрію.

На рис.1.1 наведено технологічний процес з виготовлення паперу.



Рис. 1.1. Технологічний процес з виготовлення паперу.

Механічне варіння включає подрібнення целюлози на малі частинки. Після цього відбувається її змішування із водою за допомогою реактора до утворення однорідної маси молочно білого кольору. Наступною операцією є рафінування волокна з метою надання йому відповідної міцності. Після цього відбувається подача однорідної маси для формування паперового волокна. Дані технологічні процеси повністю автоматизовані.

Під час подачі целюлозної маси для формування паперового полотна, відбувається процес її обезводнення, тобто целюлозне полотно подається по спеціальному конвеєру, де відбувається видалення води із паперового полотна. Дана технологічна операція показана на рис. 1.2.



Рис. 1.2. подача целюлозної маси на формування паперового полотна

Після цього, як із целюлозна маса позбудеться значної кількості води, відбувається пресування паперового полотна. Ця технологічна операція є необхідною для отримання паперу відповідної щільності та зближення волокон одне до одного. Відбувається дана технологічна операція за допомогою двох вертикальних вальців, через які проходить паперова маса, формуючи при цьому папір відповідної товщини.

На рис. 1.3. наведено технологічну операцію пресування та формування паперу.



Рис. 1.3. Технологічна операція пресування та формування паперу

Наступним етапом є формування паперу у спеціальні рулони та відвантаження на склад готової продукції.

На рис. 1.4. наведено склад із виготовленого паперу.



Рис. 1.4. Склад із виготовленого паперу.

Даний технологічний процес використовується для двох підприємств, які ми аналізуємо у нашій магістерській роботі. Ці процес використовуються для виготовлення білого паперу, з якого виготовляють гігієнічну паперову продукцію.

Окрім того дані підприємства виготовляють сірий папір, сировиною для якої є макулатура. З макулатури виготовляють папір для картону. Тобто це папір сірого кольору відповідної щільності та маси.

Технологічний процес даних підприємств включає також дві стадії виготовлення паперу, а саме механічне варіння та хімічне варіння. Сутність механічного варіння в подрібненні макулатури на дрібні волокна, які в подальшому використовують для хімічного варіння.

На рис. 1.5. наведено технологічний процес виготовлення сірого паперу на Жидачівському целюлозно паперовому комбінаті.



Рис. 1.5. Технологічний процес із виготовлення сірого паперу на Жидачівському целюлозно паперовому комбінаті

Після цього готовий папір у рулонах подається на склад готової продукції, який наведено на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Склад готової продукції для сірого паперу.

Необхідно відзначити, що при виготовленні сірого паперу приготування сировини відбувається дещо по іншому від сировини для білого паперу, оскільки необхідно здійснити сортування макулатури, тобто відокремлення від паперу інших елементів, які можуть бути в макулатурі.

Висновок щодо даного розділу можна зробити наступний, що вивчення та дослідження виготовлення білого та сірого паперу на Жидачівському целюлозно паперовому комбінаті та Львівській картонно-паперовій компанії відбуваються за однаковими технологічними процесами. Сировиною для виготовлення білого паперу є целюлоза, а для виготовлення сірого паперу є макулатура. Обидва технологічні процеси включають механічне та хімічне варіння целюлози із використанням сульфітного та сульфатного способу обробки целюлози. Також обидва технологічні процеси є неперервної дії із використанням сучасного технологічного обладнання. Весь технологічний процес механізований і автоматизований.

## **2.2. Дослідження забруднень довкілля виробничими процесами з виготовлення паперу**

Для забезпечення технологічного процесу виготовлення білого та сірого паперу необхідно використовувати велику кількість електричної енергії, теплової енергії, прісної води, тощо. Для генерування енергії та подачі води для технологічного процесу виготовлення паперу необхідно відповідне устаткування, транспорт, офісні приміщення, тощо. Все це буде впливати на довкілля. Проаналізуємо, як технологічний процес з виготовлення паперу впливає на забруднення атмосферного повітря.

Атмосферне повітря може забруднювати шкідливі викиди від генерування теплової енергії, загазованість від роботи автомобільного транспорту, котельнями для підігріву води, як для технологічного процесу так і для побутових потреб, тощо. Під час даних процесів буде відбуватися забруднення атмосферного повітря різної категорії та групи складності.

Для прикладу, у табл. 2.1 наведено забруднення атмосферного повітря різними хімічними сполуками від виробничого процесу на Жидачівському целюлозно паперовому комбінаті.

Таблиця 2.1.

Забруднення атмосферного повітря різними хімічними сполуками від виробничого процесу

Показник	Атмосферне повітря		
	норма	факт	Перевищення
			Факт/норма
1	2	3	4
азоту діоксид	0,2	0,088	0
Вуглецю оксид	5	1,408	0
метан	50	<0,5	0
сірководень	0,008	<0,004	0
метилмеркаптан	0	<0,000027	0

Окрім того під час виробничого процесу буде відбуватися забруднення як атмосферного повітря, так і ґрунту.

У табл. 2.2. наведено забруднення відходами від технологічного процесу виготовлення паперу.

Таблиця 2.2

Складники відходів

Назва	Код	Уміст, %
1	2	3
Відходи, що містять ртуть та її сполуки	С 26	0,12
Відходи, що містять алюміній та його сполуки	С 01	1,30
Відходи, що містять залізо та його сполуки	С 10	0,08
Відходи, що містять мідь та її сполуки	С 19	0,39
Відходи, що містять цинк та його сполуки	С 41	0,12
Відходи, що містять вольфрам та його сполуки	С 08	0,153
Відходи, що містять нікель та його сполуки	С 23	0,03

Окрім того у табл. 2.3 наведено хімічний склад відходів, які утворюються у виробничому процесі із виготовлення паперу.

Таблиця 2.3.

Відходи від виробничого процесу

Назва речовини (компонента)	Хімічна формула	Масова доля, %	Концентрація , мг/л або мг/кг
1	2	3	4
Скло	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$	94,317	40-70 мг/1лампа
Вуглеводні	СН п	1,18	-
Цинк	Zn	0,12	-
Алюміній	Al	1,30	-
Залізо	Fe	0,08	-
Галофосфат кальцію з активатором	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{F,Cl})_2 \cdot \text{Sb, Mn}$	1,89	-
Нікель	Ni	0,03	-
Целюлоза	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x$	0,37	-
Ртуть	Hg	0,12	-
Вольфрам	W	0,153	-
Мідь	Cu	0,39	-
Фенол формальдегід смола	-	0,05	-

Як видно із наведених таблиць виробничий процес із виготовлення паперової продукції на Жидачівському целюлозно паперовому виробництві, окрім відходів від технологічного процесу, утворюються відходи і від виробничого процесу. Дані відходи містять багато небезпечних хімічних речовин та сполук, які забруднюють довкілля.

Підсумовуючи даний розділ магістерської роботи можна відзначити, що для забезпечення технологічного процесу із виготовлення паперу відбувається забруднення довкілля від виробничого процесу. Кількість таких відходів у порівнянні із технологічним процесом можливо не є великою, але вони мають

різний хімічний склад, який у деяких випадках є більш небезпечним для довкілля ніж від технологічного процесу. Тому для збереження довкілля необхідно приймати певні міри щодо їх утилізації або переробки.

### **2.3 Висновки з розділу**

Із другого розділу магістерської роботи можна зробити :

1. Вивчення та дослідження виготовлення білого та сірого паперу на Жидачівському целюлозно паперовому комбінаті та Львівській картонно-паперовій компанії відбуваються за однаковими технологічними процесами. Сировиною для виготовлення білого паперу є целюлоза, а для виготовлення сірого паперу є макулатура. Обидва технологічні процеси включають механічне та хімічне варіння целюлози із використанням сульфітного та сульфатного способу обробки целюлози. Також обидва технологічні процеси є неперервної дії із використанням сучасного технологічного обладнання. Весь технологічний процес механізований і автоматизований.

2. Для забезпечення технологічного процесу із виготовлення паперу утворюються відходи і від виробничого процесу. Кількість таких відходів у порівнянні із технологічним процесом можливо не є великою, але вони мають різний хімічний склад, який у деяких випадках є більш небезпечним для довкілля. Тому, для збереження довкілля необхідно приймати певні міри щодо поводження з такими відходами.

## РОЗДІЛ 3

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДХОДІВ ВІД ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИИГОТОВЛЕННЯ ПАПЕРУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

#### 3.2. Характеристика відходів від технологічного процесу виготовлення паперу

Як зазначалося у розд 2.1 забруднення довкілля при виготовленні паперу супроводжується викидами від виробничого процесу у повітря, водне середовище та ґрунти. Такі викиди відбуваються від використання різних технічних засобів у виробничому процесі. Дані засоби забруднюють довкілля як органічними так і неорганічними забруднювачами. Найбільше забруднення довкілля відходами паперової промисловості припадає на ґрунтові води та ґрунти, оскільки для даного технологічного процесу використовується велика кількість прісної води, яка насичена целюлозою, відходами деревини та хімічними сполуками.

На рис. 3.1. наведено воду забруднену технологічним процесом з виготовлення паперу.



Рис. 3.1 Вода після технологічного процесу виготовлення паперу

Як видно із рис. 3.1. вода перенасичена залишками целюлози. Таку воду категорично не допускається випускати у навколишнє середовище як з технологічних, економічних та екологічних міркувань. Щодо технологічних міркувань, то така кількість залишків целюлози може бути використана у повторному технологічному процесі з виготовлення целюлози. Тому з такої води необхідно відділити целюлозну масу для повторного використання. Така технологічна операція відбувається за рахунок механічної очистки. Отримана целюлоза із води повертається у технологічний процес. З технологічних міркувань впливають і економічні, оскільки появляється сировина, яку можна повторно використати у технологічному процесі. З екологічних міркувань це не буде забруднювати довкілля як залишками целюлози так і хімічними сполуками. Після очищення від целюлози вода має вигляд, який ми можемо побачити на рис. 3.2.



Рис. 3.2. Вода після механічного очищення від залишків целюлози.

Як видно із рис. 3.2. після механічного очищення води від залишків технологічного процесу виготовлення паперу, колір води змінився із світлого на темний, тобто залишків целюлози зменшилось. Зменшилась кількість целюлози, але хімічний склад води залишився такий самий. Тому, необхідно проводити

подальше її очищення, щоб довести до технічної води, яку можна випускати у відкритті водойми.

Такі стічні води можна доочистити на території підприємства, або спускати у каналізаційні міські стоки. Так як це робиться на целюлозно паперових виробництвах. Але необхідно враховувати, що стічні води від виготовлення паперової продукції містять і шкідливі речовини, такі які показано в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Небезпечні складники у стічних водах

Назва	Код	Уміст, %
1	2	3
Оксид кремнію	C15	3,5
Алюміній	C01	0,18

Дані сполуки несуть небезпеку для довкілля, особливо для водойм, у які вони зможуть потрапити. Тому необхідно застосовувати сучасні методи очищення враховуючий склад небезпечних речовин. На сьогодні існують методи для очищення стічних вод від шкідливих речовин.

Наступний метод поводження із стічними водами на підприємствах з виготовлення паперу зводиться до очищення до певної якості води з її повторним використанням у технологічному процесі виготовлення целюлози. Це дозволить зменшити використання прісної води, яка з кожним роком стає все дефіцитнішою.

Підсумовуючи наші результати дослідження щодо характеристики відходів можна відзначити, що при виготовленні паперу утворюються відходи різної групи шкідливості та різної кількості. Найбільше відходів утворюється у вигляді стічних вод, які містять залишки целюлози, інших деревних частинок та сполуки хімічного походження, які утворюються після сульфатного або сульфітного способу обробки целюлози. Такі води можна очищати до певної категорії та випускати у міські каналізацію, або використовувати для подальшого використання при виготовлення паперу.

### 3.2. Очищення стічних вод картонно-паперової промисловості

На рисунку 3.3 подано технологічну схему очищення стічних вод, які утворюються на підприємствах картонно-паперової промисловості [16]. Представлена схема забезпечує поетапне вилучення механічних, волокнистих та розчинених забруднень із подальшим поверненням води у виробництво.

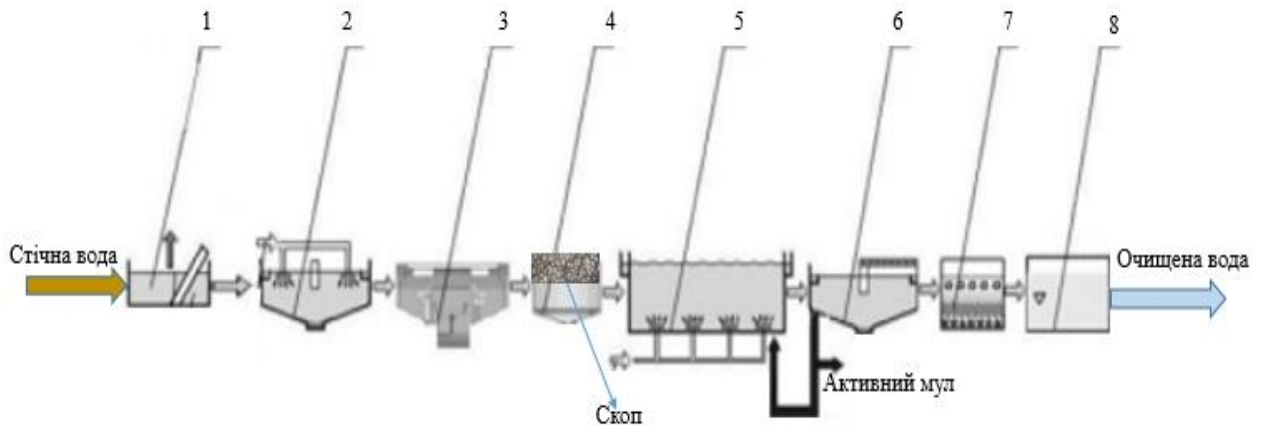


Рис. 3.3. Технологічна схема очищення стічних вод, які утворюються на підприємствах картонно-паперової промисловості: 1 – решітка з механізмом для очищення грабельного типу; 2 – первинний відстійник; 3 – споруда коагулятор; 4 – флотатор; 5 – резервуар-аеротенк біологічного очищення; 6 – вторинний відстійник; 7 – фільтр багатозаровий; 8 – басейн для знезараження води

На першому етапі механічного очищення, вода проходить через решітку (1), яка зображена на рис. 3.4, призначену для механічного вилучення крупних домішок — шматків паперу та картону, залишків целюлозних волокон, плівок, ганчір'я та інших твердих включень, які можуть ускладнювати роботу наступних секцій очисних споруд. Застосування решіток грабельного типу дозволяє зменшити навантаження на первинний відстійник, запобігти замулюванню каналів і трубопроводів, а також знизити ризик засмічення та зносу насосного обладнання.

Забруднення періодично знімаються з решітки за допомогою механізму грабельного типу. Вилучені домішки відводяться як грубе сміття у бункер та передаються на утилізацію.



Рис. 3.4. Решітка для механічного очищення стоків

Після проходження механічного очищення на решітці, стічна вода, звільнена від крупних завислих домішок, надходить у первинний відстійник (2), представлений на рис. 3.5 – ключовий етап механічного очищення стічних вод. На цій стадії відбувається осадження завислих у воді частинок найбільших за розмірами. На дні відстійника формується шар осаду, який періодично видаляється.



Рис. 3.5. Первинний відстійник

Після етапу механічного очищення стічна вода подається на *фізико-хімічне очищення*. Вода подається у спеціальну споруду-коагулятор (3). Для того, щоб полегшити та прискорити процеси випадіння в осад твердих часток,

застосовують спеціальні речовини – коагулянти та флокулянти. Коагулянти для обробки води складаються з позитивно заряджених молекул, які при додаванні до води та змішуванні забезпечують нейтралізацію негативних зарядів на частинках забруднень. Частинки забруднень зближуються між собою та укрупнюються (рис. 3.6) – утворюються конгломерати.

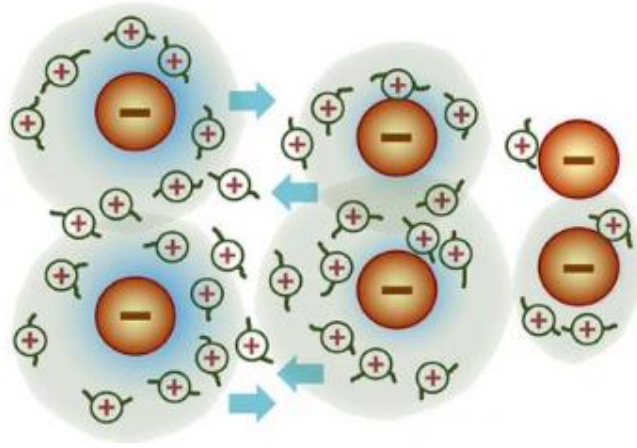


Рис. 3.6. Зближення та ущільнення частинок забрудників води із утворенням конгломератів

Після коагуляції вода надходить у флотатор (4), у якому до води додають флокулянти. Флокуляція – це допоміжний процес після попередньої коагуляції. Довгі молекули флокулянта «огортають» конгломерати і таким чином утворюються достатньо крупні флокули (рис. 3.7).

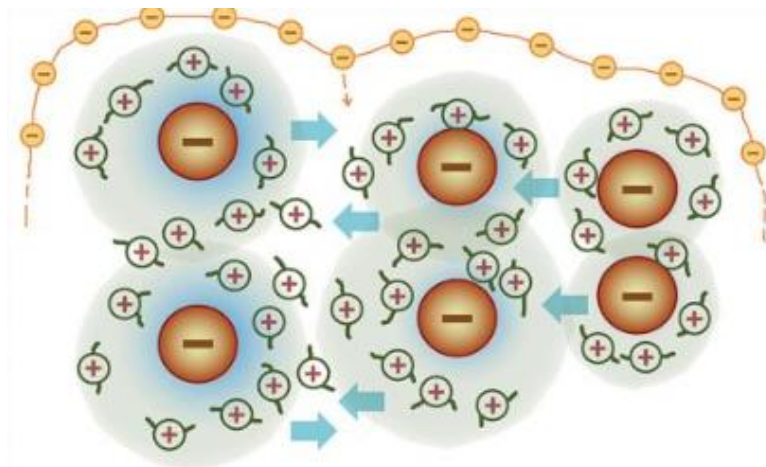


Рис. 3.7. Утворення флокул

У флотатор (4) подається під тиском повітря – рис. 3.8а. Бульбашки повітря з дна флотатора піднімаються нагору, прикріплюються до флокул, виносять їх на поверхню, утворюючи піну з флокулами (рис. 3.8 б). Поверхнева піна знімається

з шару води і таким чином формується волокнистий скоп, який направляється на зневоднення і подальшу утилізацію або переробку.

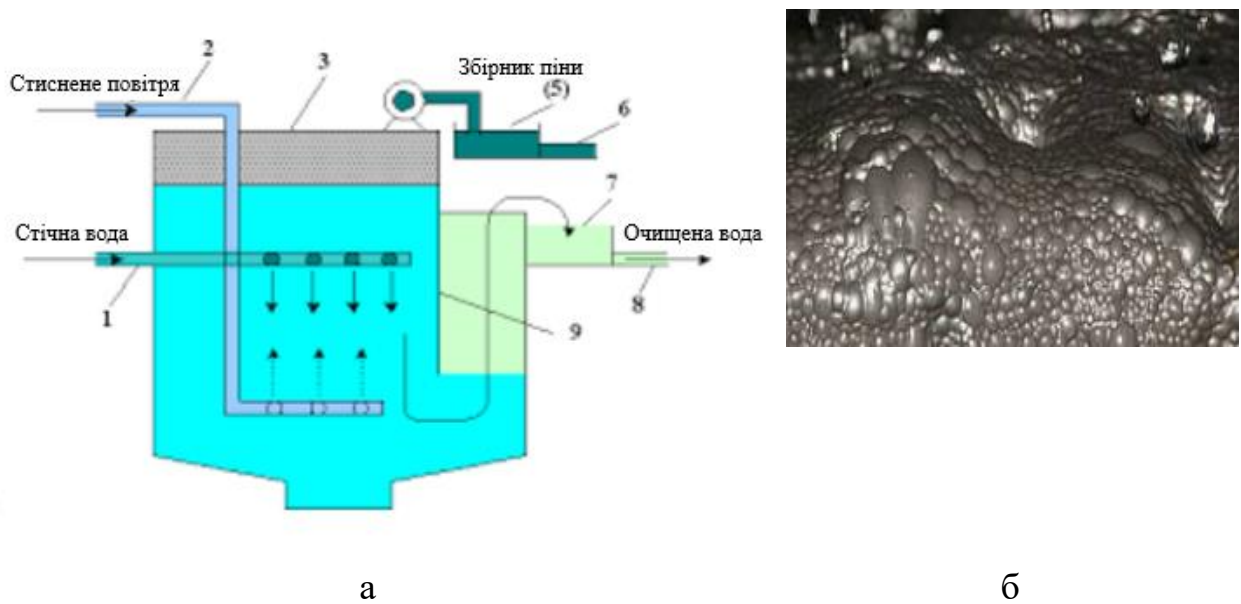


Рис. 3.8. Флотатор: а) будова: 1 – трубопровід входу стічної води; 2 – трубопровід подачі повітря, 3 – піна, 5,6 – пінозбірник; 7 – перелив очищеної води; 8 – штуцер для виходу води; 9 – перегородка; б) піна на поверхні флотатора

Освітлена після флотації вода надходить до аеротенка (5), де відбувається біологічне очищення (рис. 3.9). В аеротенк подається повітря. Аеротенк працює завдяки активному мулу з мікроорганізмами та інтенсивній подачі повітря (аерації), яке забезпечує необхідну концентрацію розчиненого кисню у водному середовищі.



Рис. 3.9. Аеротенк

В аеротенку (5) створюються аеробні умови для розкладання органічних забруднень. До складу таких забруднень, характерних для картонно-паперової промисловості, належать залишки целюлози, геміцелюлози, лігніну, органічні

кислоти, поверхнево-активні речовини та інші сполуки, що формують підвищені показники БСК і ХСК. Аерація також підтримує активний мул у завислому стані, забезпечуючи його рівномірний контакт зі стічною водою. У процесі біологічного очищення мікроорганізми активного мулу адсорбують розчинені органічні речовини зі стічної води та використовують їх як джерело живлення й енергії. У результаті біохімічного окиснення органічні забруднення трансформуються у більш прості та стабільні сполуки – вуглекислий газ, воду, нітрати, сульфати, а також у біомасу новоутвореного мулу.

Процеси, що відбуваються в аеротенку, характеризуються високою інтенсивністю завдяки контрольованим параметрам роботи споруди, зокрема тривалості аерації, концентрації активного мулу, температури та вмісту розчиненого кисню. Для стічних вод картонно-паперового виробництва це особливо важливо, оскільки частина органічних речовин має складну структуру та повільно піддається біологічному розкладанню.

У результаті біологічного очищення в аеротенку (5) досягається значне зниження біохімічного та хімічного споживання кисню, а також зменшення концентрації розчинених органічних забруднень.

З аеротенка вода з активним мулом подається у вторинний відстійник (6) на відстоювання (рис. 3.10). Тут активний мул осаджується.

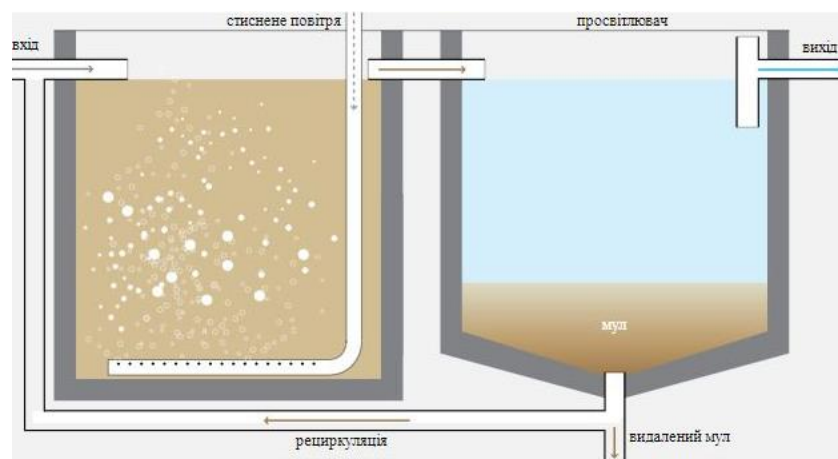


Рис. 3.10. Аеротенк з вторинним відстійником

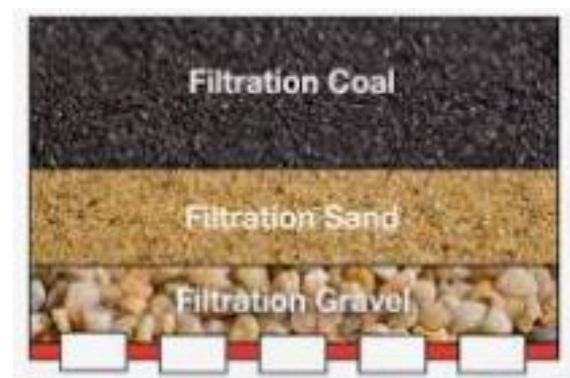
Для забезпечення стабільної роботи аеротенку необхідно підтримувати баланс активного мулу. Тому, частина активного мулу повертається в аеротенк (5) для підтримання необхідної концентрації біомаси, та підтримання стабільної

роботи споруди. Надлишковий мул виводиться з вторинного відстійника (б) на подальшу обробку.

Після завершення біологічного очищення та вторинного відстоювання, стічні води картонно-паперового виробництва, як правило, містять незначні концентрації завислих речовин, залишки активного мулу, дрібнодисперсні колоїдні частинки, а також частину органічних і мінеральних домішок, що не були повністю вилучені на попередніх стадіях. Для досягнення нормативних показників якості очищеної води перед повторним використанням у виробничому циклі застосовують стадію фільтрації. Фільтрація є завершальним етапом доочищення і спрямована на видалення залишкових завислих речовин, зниження каламутності, покращення прозорості води та стабілізацію її фізико-хімічних показників. Для підвищення ефективності фільтрації застосовують багатошарові фільтри (7) з комбінованим завантаженням «антрацит – кварцовий пісок – гравій» чи «активоване вугілля – пісок – гравій» [17]. Верхній шар антрациту (чи активованого вугілля) затримує більші частинки, тоді як нижні шари забезпечують доочищення від дрібнодисперсних домішок.



а



б

Рис. 3.11. Багатошарові фільтри з комбінованим завантаженням: а) «антрацит – кварцовий пісок – гравій»; б) «активоване вугілля – пісок – гравій»

У процесі роботи фільтри поступово забруднюються затриманими домішками, що призводить до зростання гідравлічного опору. Для відновлення фільтрувальної здатності передбачено періодичне промивання завантаження

зворотним потоком води, інколи з подачею повітря. Промивні води, як правило, повертають на початок очисних споруд або направляють на повторне очищення.

Після проходження стадії фільтрації, вода надходить на етап знезараження у споруду (8). Основною метою знезараження є знищення або інактивація патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів, що можуть зберігатися у воді навіть після повного комплексу механічного, фізико-хімічного та біологічного очищення. Найбільш поширеним є хлорування або використання хлоровмісних реагентів. Під час контакту з водою активний хлор окислює клітинні стінки мікроорганізмів і порушує їх життєдіяльність, що призводить до їх загибелі.

Очищена за представленою схемою вода спрямовується на повторне водокористування для технологічних потреб підприємства, що дозволяє зменшити споживання свіжої води.

Висновок по даному розділу можна зробити наступний. Для очищення стічних вод від технологічного процесу з виготовлення целюлози запропоновано використовувати поетапне її очищення, яке включає очищення від грубих забруднювачів з поступовим очищенням до біологічного очищення. Це дозволяє отримати воду певної якості яку можна випускати у водойми, щоб не забруднювати довкілля.

### **3.3. Висновки з розділу**

Підсумовуючи розділ із дослідження відходів у технологічному процесі з виготовлення паперової продукції мною зроблено наступні висновки:

1. При виготовленні паперу утворюються відходи різної групи шкідливості та різної кількості. Найбільше відходів утворюється у вигляді стічних вод, які містять залишки целюлози, інших деревних частинок та сполуки хімічного походження, які утворюються після сульфатного або сульфітного способу обробки целюлози. Такі води можна очищати до певної категорії та випускати у міські каналізацію, або використовувати для подальшого використання при виготовлення паперу..

2. Для очищення стічних вод від технологічного процесу з виготовлення целюлози запропоновано використовувати поетапне її очищення, яке включає очищення від грубих забруднювачів з поступовим очищенням до біологічного очищення. Це дозволяє отримати воду певної якості яку можна випускати у водойми, щоб не забруднювати довкілля.

## РОЗДІЛ 4

# ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ З ВИГОТОВЛЕННЯ ПАПЕРУ

### 3.1. Дослідження хімічного складу скопу та його використання

Скоп у папероробному виробництві утворюється на стадії первинного очищення виробничих стічних вод, переважно під час флотаційних процесів (напірна або дисперсна флотація). У процесі виготовлення паперу та картону значна частина дрібнодисперсних домішок — тонкі волокна, мінеральні наповнювачі, пігменти, залишки друкарських фарб, клеїв і допоміжних хімічних реагентів — переходить у циркуляційні та стічні води. Через малий розмір частинок і низьку густину вони не осаджуються у відстійниках, а залишаються у зваженому стані.

Під час флотації у стічну воду подається повітря у вигляді дрібних бульбашок, до яких приєднуються гідрофобні та слабкогідрофільні частинки забруднень. У результаті утворюються агрегати «частинка–бульбашка», що спливають на поверхню води у вигляді пінистого шару. Цей спливаючий шар і є скопом, який механічно знімається з поверхні флотаційних установок та направляється на подальше зневоднення і обробку.

За складом скоп є багатокомпонентною сумішшю органічних і неорганічних речовин. Його наближений склад може змінюватися залежно від виду продукції, яку виробляють (газетний папір, пакувальний картон, санітарно-гігієнічні або високоякісні папери), типу сировини та застосованих хімічних добавок, однак у середньому включає: волокнисті компоненти — 20–40 % (тонкі фракції целюлозних і вторинних волокон, волокнистий пил); мінеральні речовини та зольні компоненти — 40–60 % (каолін, карбонат кальцію, тальк, пігменти, глина, зола); частинки друкарських фарб і смолисті речовини — 5–15 %; залишки хімічних добавок (клеї, флокулянти, ПАР) — до 5 %.

Таблиця 4.1.

Склад волокнистого скопу, що утворюється внаслідок переробки макулатури на підприємствах картонно-паперової промисловості

Назва речовини (компонента)	Хімічна формула	Масова доля, %	Концентрація, мг/л або мг/кг
1	2	3	4
Оксид кремнію	SiO <sub>2</sub>	3.5	
Алюміній	Al	0.18	
Сульфат	SO <sub>2</sub>	0.018	
Целюлоза	((C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub> ))	96.18	

Основними характеристиками скопу є висока вологість, дрібнодисперсний склад, значна частка зольних компонентів і наявність коротких волокон. Скоп має відносно низьку насипну густину, високу сорбційну здатність та нестабільні фізико-механічні властивості, що обмежує його пряме використання без попередньої обробки. Водночас наявність волокнистої фази обумовлює потенційну цінність скопу як вторинної сировини для повернення у папероробний процес або для альтернативних напрямів утилізації. Таким чином, скоп, що утворюється в папероробному виробництві, слід розглядати не лише як відхід, а як вторинний ресурс.

Утворений скоп збирають із поверхні флотаційних установок, після чого піддають зневодненню, механічному або фізико-хімічному очищенню з метою зменшення вологості та концентрації небажаних домішок.

Повернення волокон скопу у виробничий процес картонно-паперового виробництва. Волокна, виділені зі скопу, можуть бути частково повернуті у виробничий процес, зокрема в систему підготовки волокнистої сировини на картонно-паперовому виробництві. Це дозволяє знизити витрати на закупівлю первинних і вторинних волокон, що є надзвичайно важливим, враховуючи факт, що на українському ринку целюлозно-паперової продукції можна відзначити велику кількість підприємств-виробників, які відчувають гострий дефіцит сировини. Такий підхід відповідає принципам циркуляційної економіки та

сталого розвитку, оскільки базується на реалізації концепції «відходи в ресурс». Застосування волокон зі скопу може позитивно впливати на деякі фізико-механічні властивості паперу та картону, зокрема сприяти збільшенню об'ємної маси, жорсткості та формостійкості, що є особливо важливим для пакувальних видів картону та технічного паперу. Волокна із скопу застосовуються в технологіях виготовлення яєчних лотків, пакувальної продукції.

Застосування скопу для виготовлення продукції будівельної галузі. Одним із перспективних напрямів утилізації скопу є його використання як сировини або добавки для виробництва широкого асортименту продукції будівельної галузі. Великі обсяги накопичення та дешевизна скопу є вагомим аргументом його використання. Завдяки поєднанню волокнистої та мінеральної складових скоп може застосовуватися у виробництві різних будівельних матеріалів, знижуючи витрати на традиційні сировинні матеріали. Зокрема, він може вводитися до складу цегли, блоків і стінових матеріалів як легкий наповнювач, що сприяє зменшенню щільності виробів і покращенню їх теплоізоляційних властивостей. Під час термічної обробки органічна складова скопу частково вигорає, формуючи пористу структуру матеріалу.

Мінеральні компоненти скопу дозволяють використовувати його як добавку у цементні та вапняні композиції, штукатурки, сухі будівельні суміші та дорожні матеріали. Волокниста частина може виконувати роль мікроармувального елемента, знижуючи утворення усадкових тріщин та підвищуючи тріщиностійкість композитів. Також скоп може застосовуватися у виробництві легких тепло- і звукоізоляційних матеріалів, стінових панелей та плит, де важливими є низька густина і достатня механічна міцність. Скоп застосовують як компонент бетонних сумішей. Як наповнювач, скоп можна застосовувати для виробництва конструкційно-теплоізоляційного бетону (скопобетону). При виготовленні гіпсокартону, волокнисті частинки скопу покращують механічні властивості цільового продукту, забезпечують йому пористу структуру та низьку щільність. Скоп може використовуватись в якості наповнювача, в поєднанні з

первинним макулатурним шламом, для виготовлення деревинних композиційних матеріалів (стружкова плита, волокниста плита, MDF).

Можливим методом застосування висушеного скопу є його спалювання для отримання теплової енергії. Після спалювання скопу утворюється зольний залишок. Окремим напрямом є використання зольного залишку після термічної обробки скопу. Така зола може застосовуватися як мінеральна добавка до бетону, асфальтобетону або дорожніх основ, замінюючи частину традиційних мінеральних наповнювачів.

Скоп, як сировинний компонент для виготовлення адсорбентів. Скоп папероробного виробництва завдяки своєму волокнисто-пористому складу та наявності мінеральної фази є перспективною вторинною сировиною для виготовлення адсорбентів. Основну роль у процесах адсорбції відіграють целюлозні волокна, дрібнодисперсні частинки та пориста структура матеріалу, які забезпечують значну питому поверхню та здатність утримувати різні забруднювачі.

Процес отримання адсорбентів зі скопу, як правило, включає кілька послідовних стадій:

Зневоднення та сушіння — зменшення вологості скопу до рівня, придатного для подальшої переробки;

Механічна підготовка — подрібнення для отримання порошкоподібного продукту;

Модифікація структури — фізична, хімічна або термічна обробка з метою підвищення сорбційної здатності;

Формування готового продукту — отримання адсорбентів у вигляді гранул.

Види адсорбентів. Гідрофобні адсорбенти для нафтопродуктів отримуються шляхом модифікації скопу гідрофобізувальними агентами або термічної обробки, у результаті чого матеріал вибірково поглинає органічні рідини та відштовхує воду. Такі адсорбенти використовують під час ліквідації аварійних розливів нафти й пального, у промислових зонах і на транспорті.

Мінерально-волокнисті композитні адсорбенти поєднують у собі органічну (волокнисту) та неорганічну (зольну) складові скопу. Мінеральна фаза підвищує механічну міцність і термостійкість матеріалу, тоді як волокна забезпечують пористість і сорбційну активність. Такі адсорбенти можуть застосовуватися для очищення стічних вод від завислих речовин, барвників і важких металів.

Активовані вуглецеві адсорбенти отримують шляхом карбонізації органічної частини скопу з подальшою активацією (парою або газами). У результаті формується матеріал з високою питомою поверхнею, придатний для адсорбції органічних забруднювачів, запахів і токсичних сполук з повітря та води. Зольний залишок може частково виконувати роль структурного наповнювача.

Адсорбенти, виготовлені зі скопу, можуть використовуватися для: ліквідації розливів нафти та нафтопродуктів; очищення промислових і зливових стічних вод; вилучення барвників, ПАР і важких металів; очищення повітря та газових викидів. Однак, прогрес у напрямку широкого виробництва адсорбційних матеріалів із скопу суттєво стримується фактом відсутності ефективних технологій утилізації відпрацьованих сорбційних матеріалів.

Біохімічна та термохімічна конверсія органічної складової скопу для отримання біопалива. Відомими є методи переробки скопу з метою отримання паливних продуктів, зокрема біопалива та біоетанолу, шляхом біохімічної або термохімічної конверсії органічної складової. Волокниста частина скопу, що представлена переважно целюлозою та геміцелюлозами, може слугувати джерелом вуглеводної сировини для подальшого гідролізу з утворенням цукрів і їх ферментації до біоетанолу. Перед біохімічною переробкою скоп, як правило, піддають попередній підготовці, яка включає зневоднення, подрібнення та фізико-хімічну обробку з метою підвищення доступності полісахаридів для ферментів і мікроорганізмів.

У разі термохімічної конверсії органічна складова скопу може бути використана в процесах піролізу, газифікації або спалювання. Піроліз дозволяє отримувати тверде паливо (біовугілля), рідкі паливні фракції та піролізний газ,

які можуть застосовуватися для виробництва теплової та електричної енергії. Газифікація скопу сприяє утворенню синтез-газу, придатного для енергетичних потреб або подальшого хімічного синтезу. Спалювання з утилізацією тепла є найпростішим методом енергетичного використання скопу, при цьому зольний залишок може бути залучений у виробництво будівельних матеріалів.

Скоп для потреб сільського господарства. Застосування скопу як добрива або добавки до ґрунту є ще одним із методів його утилізації. Скоп розглядається як перспективна добавка для сільськогосподарського використання, зокрема для поліпшення властивостей ґрунтів. Дослідження, проведені в різних ґрунтово-кліматичних умовах, свідчать про його загалом позитивний вплив на ріст рослин, фізичні характеристики ґрунту та стан довкілля. Скоп містить макро- та мікроелементи, зокрема азот, фосфор, калій, кальцій і магній, концентрація яких залежить від технології виробництва та ступеня мікробного розкладу.

Завдяки волокнистій та органічній структурі скоп знижує об'ємну щільність ґрунту, підвищує його водо утримуючу здатність, пористість і агрегатну стабільність, що особливо важливо для виснажених або еродованих земель. Внесення скопу сприяє зменшенню утворення тріщин, ерозійних процесів і вимивання поживних речовин, а також активізує мікробіологічну діяльність у ґрунті. Тривале застосування скопу призводить до зростання запасів органічного вуглецю та азоту.

Окрім цього, наявність у складі скопу карбонату кальцію дає змогу використовувати його для нейтралізації кислих ґрунтів і підвищення їх рН, що робить скоп ефективним матеріалом для вапнування. Таким чином, застосування скопу в сільському господарстві може розглядатися як екологічно доцільний спосіб утилізації відходів із одночасним покращенням якості ґрунтів.

Підсумовуючи дослідження скопу можна відзначити, що скоп це відходи целюлозно-паперового виробництва, що утворюється під час варіння целюлози та отримують його шляхом очищення води. Основними складниками скопу це тонкі волокна, мінеральні наповнювачі, пігменти, залишки друкарських фарб, клеїв і допоміжних хімічних реагентів, тощо. Тобто це цінний матеріал, який

можна використовувати для подальшої переробки у будівництві, виготовленні клейових матеріалів, тощо. Разом з тим, у скопі є і небезпечні хімічні речовини, які негативно впливатимуть на довкілля.

#### 4.2. Технологічні рішення щодо переробки скопу

Після очищення стічних вод з технологічного процесу з виготовлення паперу утворюється значна кількість відходів у вигляді залишків целюлози, деревини, тощо. Ці відходи називають скопом. Тобто це матеріал, який можна використовувати у подальшому виробництві. Найбільш поширеним є використання скопу як добавок для виготовлення будівельних матеріалів, а саме аглопоритів. Для виготовлення аглопоритів використовують певне технологічне обладнання, яке використовується у певній послідовності технологічного процесу.

На рис. 4.1. наведено схему виробництва аглопоритового гравію.

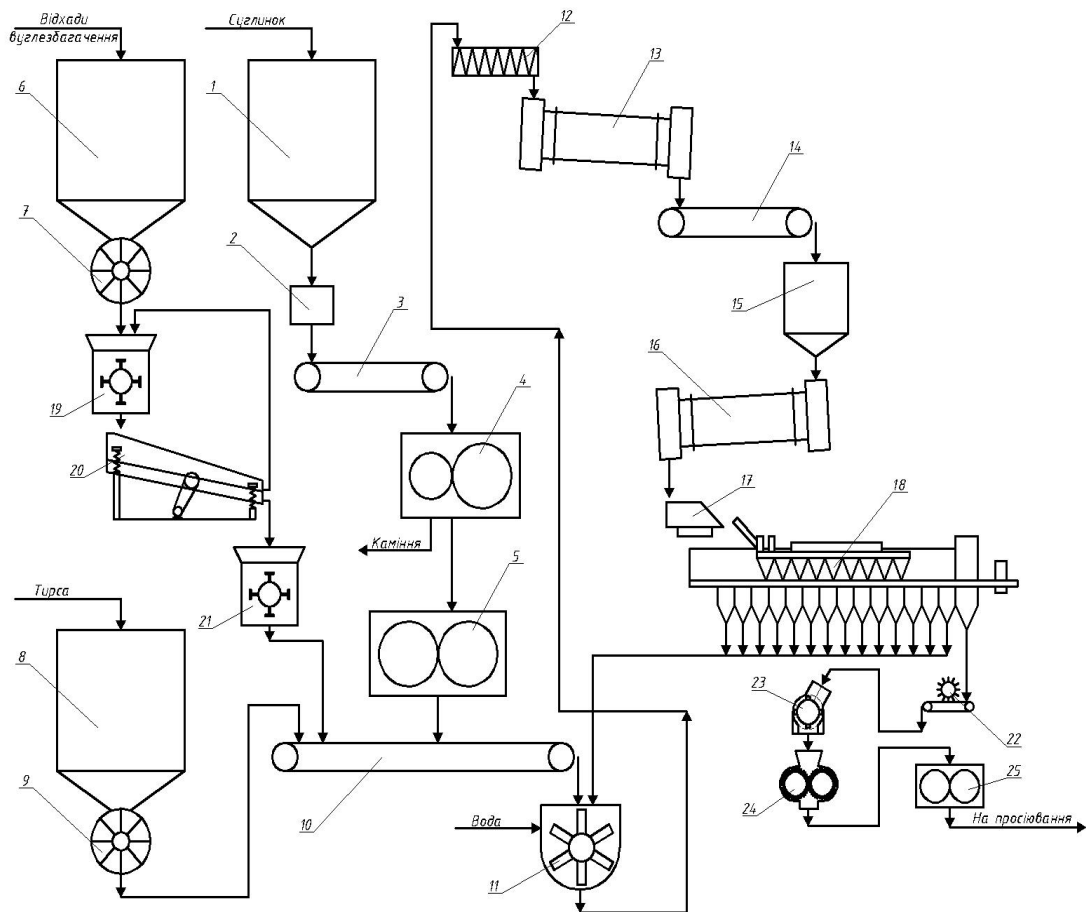


Рис. 4.1 Схема виготовлення аглопоритового гравію

1, 6, 8 – бункери для сировини; 3, 10, 14 – транспортери стрічкові; 2 – живильник; 5 – вальці тонкого помелу; 4 – вальці грубого помолу; 7, 9 – дозатори; 12 – транспортер шнековий; 13 – барабанний гранулятор; 11 – змішувач; 15 – бункер для гранул; 16 – живильник барабанний; 17 – укладач; 18 – машина агломераційна; 19, 21 – дробарки молоткові; 20 – грохіт; 22 – коржелам; 23 – дробарка роторна; 24 – дробарка валково-зубчата; 25 – дробарка валкова.

На рис. 4.2. наведено скоп отриманий після очищення стічних вод від технологічного процес із виготовлення паперу.



Рис. 4.2. Скоп із стічних вод від целюлозно-паперового виробництва

Переробка скопу та отримання аглопоритового скопу, який наведено на рис 4.3.



Рис. 4.3. Аглопоритовий скоп

Підсумовуючи даний розділ моєї роботи можна зробити висновок, що після очистки стічних вод утворюється велика кількість скопу, відходів після очищення стічних вод від виготовлення паперу. Відходи, які є у скопі це залишки целюлози, кори, та інших частинок. Скоп використовують для виготовлення аглопориту – будівельного матеріалу, який широко використовується як теплоізоляційний матеріал. Для виготовлення скопу використовують спеціалізоване технологічне обладнання.

### **4.3. Висновки з розділу**

Виходячи із досліджень зроблено такі висновки:

1. Скоп це відходи целюлозно-паперового виробництва, що утворюється під час варіння целюлози та отримують його шляхом очищення води. Основними складниками скопу це тонкі волокна, мінеральні наповнювачі, пігменти, залишки друкарських фарб, клеїв і допоміжних хімічних реагентів, тощо. Тобто це цінний матеріал, який можна використовувати для подальшої переробки у будівництві, виготовленні клейових матеріалів, тощо. Разом з тим, у скопі є і небезпечні хімічні речовини, які негативно впливатимуть на довкілля..

2. Після очистки стічних вод утворюється велика кількість скопу, відходів після очищення стічних вод від виготовлення паперу. Відходи, які є у скопі це залишки целюлози, кори, та інших частинок. Скоп використовують для виготовлення аглопориту – будівельного матеріалу, який широко використовується як теплоізоляційний матеріал. Для виготовлення скопу використовують спеціалізоване технологічне обладнання..

## РОЗДІЛ 5

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 5.1. Безпека праці при виготовленні паперу

Безпека праці при роботі у цеху з виготовлення паперу має важливе значення, оскільки технологічний процес має специфіку виробництва, яка полягає у тому, що при виготовленні паперу є технологічна операція варіння целюлози. Ця операція відбувається із використанням хімічних сполук та високих температур, які спричиняють забруднення довкілля. Окрім того технологічний процес виготовлення паперу є безперервними, а його технологічні операції є автоматизовані. Тому працівники, які працюють у даному технологічному процесі повинні бути забезпечені відповідними засобами захисту, які повинні відповідати вимогам стандарту та забезпечити захист працівників від того чи іншого шкідливого впливу.

Працівники, які працюють у технологічному процесі з виготовлення паперу повинні отримати дозвіл від лікаря для виконання певного класу робіт, і тільки після цього приступати до виконання роботи. Для запобігання алергічних дій хімічних компонентів на працівників, які працюють у технологічному процесі, при сульфатному або сульфатному виробництві паперу, повинні працювати у рукавицях, які мають захист від дії хімічних компонентів. Окрім того, працівники повинні бути забезпечені відповідними засобами захисту від попадання хімічних речовин на інші ділянки тіла людини. До таких засобів захисту відносять відповідний одяг, взуття, рукавиці, головні убори, окуляри, тощо.

На рис. 5.1 наведено засоби захисту працівників від попадання хімічних речовин на ділянки тіла.

При попаданні кислот або лугів під час варіння целюлози сульфатним або сульфатним методом на відкриті частини тіла людини, необхідно промити дане місце водою. У випадку попадання лугів до очей промивають їх водою, потім насиченим розчином борної кислоти.



Рис. 5.1. Засоби захисту працівників від хімічних речовин

Щодо негативної дії шкідливих викидів на організм людини, то необхідно використовувати підручні засоби захисту. А саме при подразненні дихальних шляхів необхідно забезпечити потерпілому доступ до свіжого повітря.

При попаданні кислоти на обличчя, необхідно дане місце протерти тканиною, промити водою і змочити спиртом.

При попаданні бризок кислоти в очі, добре промивають їх водою, а після цього – 3% розчином соди.

При опіках парою, подразнене місце необхідно промити холодною водою та намазати зволожуючими кремами.

Необхідно дотримуватись особистої гігієни щодо їжі. Їжу необхідно приймати у спеціально відведеному місці. Для цього на виробництві повинно бути приміщення для приймання їжі із всіма необхідними для цього умовами.

Також повинна бути кімната для куріння.

Повинні бути добре облаштовані побутові приміщення. А саме туалети, душові кабінки, умивальники, тощо. Всі вони повинні бути забезпечені холодною та теплою водою, рушникосушкою, тощо.

Щодо технологічного обладнання, то як зазначалося у розд. 2 воно високопродуктивне, а технологічний процес автоматизований. Тому необхідно,

щоб регулярно на протязі певного часу проходити технічний огляд обладнання, з метою виявлення неполадок або заміни необхідних інструментів, вузлів, тощо.

Окрім того все, все технологічне обладнання повинно бути під'єднано до вентиляційної системи, для видалення забрудненого повітря і подачі свіжого повітря. Також необхідно постійно контролювати рівень забруднення повітря в цеху, концентрацію шкідливих викидів, тощо.

У приміщеннях де зберігається готова паперова продукція необхідно забезпечити відповідні кліматичні умови, а саме вологість навколишнього середовища та температуру.

На рис. 5.2. наведено склад паперу після технологічного процесу його виготовлення.



Рис. 5.2. Склад готової продукції паперу

Для забезпечення безпечних умов праці на складах паперу необхідно дотримуватись правил техніки безпеки, які пов'язані із складанням готових рулонів паперу, їх транспортування по території складу, складування на відповідних стелажах, тощо. Працівники повинні працювати у касках. Під час руху автотранспорту необхідно дотримуватися правих пересування у цеху, як працівників так і автотранспорту. При складуванні паперу необхідно бути обережним, щоб не було падіння паперу із стелажів. На складах повинні перебувати тільки працівники, які задіяні у даному процесі.

## 5.2. Пожежна безпека при виготовленні паперу

Щодо пожежної безпеки, то при виготовленні паперової продукції необхідні засоби захисту від пожежної безпеки, оскільки технологічний процес виготовлення паперу проводиться за високих температурних режимів та з використанням легкозаймистої сировини у вигляді макулатури та продукції у вигляді паперу. Тому, у цеху повинні бути передбаченні всі необхідні засоби захисту від займання та пожеж.

Найбільша пожежна небезпека є на складах макулатури та готового паперу, оскільки ці матеріали є легкозаймистими. Для запобігання виникнення пожежі необхідно дотримувати певних правил і вимог з техніки безпеки. Тому у цеху необхідні певні засоби щодо попередження виникнення пожежі. На випадок появи пожежі у певних локальних місцях, необхідні засоби первинного гасіння.

На рис. 5.3 наведено необхідні засоби первинного захисту при виникненні пожежі.



Рис. 5.3. Пожежний щит

Працівники, які працюють на підприємствах повинні бути обізнані із правилами пожежної безпеки та правилами користування першими засобами гасіння пожежі, особливо вогнегасниками. Для цього необхідні інструкції із користуванням вогнегасниками та обізнаність працівників, які там працюють.

Окрім пожежного щита на підприємстві повинні бути і засоби гасіння пожежі у вигляді гідрантів. Гідранти повинні бути розраховані на максимальний час забезпечення пожежі. Вони повинні бути розміщені на розрахунковій відстані один від одного, тощо.



Рис. 5.4. Гідранти для гасіння пожежі.

Також повинні бути і водойми для забору води для гасіння пожежі



Рис. 5.5 Пожежна водойма

Підсумовуючи даний розділ необхідно відзначити, що техніка безпеки та протипожежна безпека на підприємствах із виготовлення паперу повинні бути забезпечені на високому рівні, оскільки підприємства із виготовлення паперу відносяться до класу із високим рівнем пожежної небезпеки.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Враховуючи із проведених теоретичних та експериментальних досліджень щодо виготовлення паперу зроблено висновки:

1. У технологічному процесі з виготовлення паперу на Жидачівському целюлозно-паперовому комбінаті для виготовлення білого паперу, використовують пресовану целюлозу, яку закупають. Для виготовлення картону сировиною служить макулатура, яку також закупають. Ці технологічні процеси використовують велику кількість води, яка забруднюється хімічними сполуками від сульфатного та сульфітного способу обробки та залишків целюлози і деревини. Забруднену воду необхідно очищати.

2. Технологічні процес з виготовлення паперової продукції у Львівській картонно-паперовій компанії впливають на довкілля, забруднюючи його. Забруднення атмосферного повітря димовими газами від генерування теплової енергії, а води хімічними сполуками від сульфатного та сульфітного виробництва паперу.

3. Вивчення та дослідження виготовлення білого та сірого паперу на Жидачівському целюлозно паперовому комбінаті та Львівській картонно-паперовій компанії відбуваються за певними технологічними процесами. Сировиною для виготовлення білого паперу є целюлоза, а для виготовлення сірого паперу є макулатура. Обидва технологічні процеси включають механічне та хімічне варіння целюлози із використанням сульфітного та сульфатного способу обробки целюлози. Також обидва технологічні процеси є неперервної дії із використанням сучасного технологічного обладнання. Весь технологічний процес механізований і автоматизований.

4. Для забезпечення технологічного процесу із виготовлення паперу утворюються відходи і від виробничого процесу. Кількість таких відходів у порівнянні із технологічним процесом можливо не є великою, але вони мають різний хімічний склад, який у деяких випадках є більш небезпечним для довкілля

ніж технологічний процес. Тому, для збереження довкілля необхідно приймати певні міри щодо поводження з такими відходами.

5. При виготовленні паперу утворюються відходи різної групи шкідливості та різної кількості. Найбільше відходів утворюється у вигляді стічних вод, які містять залишки целюлози, інших деревних частинок та сполуки хімічного походження, які утворюються після сульфатного або сульфітного способу обробки целюлози. Такі води можна очищати до певної категорії та випускати у міські каналізацію, або використовувати для подальшого використання при виготовленні паперу..

6. Для очищення стічних вод від технологічного процесу з виготовлення целюлози запропоновано використовувати поетапне її очищення, яке включає очищення від грубих забруднювачів з поступовим подальшим очищенням до біологічного. Це дозволяє отримати воду певної якості, яку можна випускати у водойми, щоб не забруднювати довкілля.

7. Скоп це відходи целюлозно-паперового виробництва, що утворюється під час варіння целюлози, а отримують його, шляхом очищення води. Основними складниками скопу є тонкі волокна, мінеральні наповнювачі, пігменти, залишки друкарських фарб, клеїв і допоміжних хімічних реагентів, тощо. Тобто це цінний матеріал, який можна використовувати для подальшої переробки, при виготовленні клейових матеріалів, тощо. Разом з тим, у скопі є і небезпечні хімічні речовини, які негативно впливатимуть на довкілля.

8. Після очистки стічних вод утворюється велика кількість скопу. У скопі це залишки целюлози, кори, та інших частинок. Скоп використовують для виготовлення аглопориту – будівельного матеріалу, який широко застосовується як теплоізоляційний матеріал. Для виготовлення скопу використовують спеціалізоване технологічне обладнання..

9. Техніка безпеки та протипожежна безпека на підприємствах із виготовлення паперу повинні бути забезпечені на високому рівні, оскільки підприємства із виготовлення паперу відносяться до класу із високим рівнем пожежної небезпеки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Т.Б. Романенко. Перспективи використання побічних продуктів картоннопаперового виробництва в сільському господарстві. Збалансоване природокористування, 2021, №3, С. 96-102. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2021.247144
2. Rosazlin A., Che Fauziah Ishak, Wan Rasidah Kadir, Rosenani Abu Bakar (2015). Characterization and Feasibility Assessment of Recycled Paper Mill Sludges for Land Application in Relation to the Environment. International Journal of Environmental Research and Public Health. 12(8), 9314–9329.
3. Шепелюк І.Р., Шепелюк О.О., Лютий П.В. Напрями використання скопу целюлозно-паперового виробництва. Науковий вісник НЛТУ України, №24(9), 2014, С. 171-174.
4. Мазепа Ю.В., Семінський О.О., Рябцев Г.Л. Екологічні способи перероблення вологого осаду стічних вод целюлозно-паперового виробництва. Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження : зб. наук. праць. № 2(6), 2010, С. 72-75.
5. Баталін Б.І., Козлов І. Будівельні матеріали на основі скопу – відходу целюлознопаперової промисловості. Будівельні матеріали : зб. наук. праць. № 1. 2004, С. 42-43.
6. 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.
7. ЗАКОН УКРАЇНИ Про охорону навколишнього природного середовища. Вводиться в дію Постановою ВР № 1268-XII від 26.06.91. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
8. 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.

9. Промислова екологія: Навчальний посібник / С. О. Апостолук, В. С. Джигирей та ін. – К.: Знання, 2005. – 268 с.
10. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води: Навчальний посібник. За ред. В.К. Хільчевського. К.: Видавничополіграфічний центр «Київський університет», 2007. 152 с.
11. Апостолук С.О., Джигирей В.С., Апостолук А.С., Соколовський І.А., Сомар Г.В. Промислова екологія: Навч. посібник. К.: Знання, 2005. 474 с.
12. Разанов С.Ф., Вітер Н.Г., Ткачук О.П. Екологічна та техногенна безпека. Навчальний посібник для вивчення дисципліни. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2013. 125 с.
13. 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.
14. 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.
15. Білявський Г. О., Бутченко Л. І., Навроцький В. М. Основи екології. Теорія та практикум: Навчальний посібник. – К.: Лібра, 2002. – 352 с.
16. І.М. Петрушка, В.І. Мокрий, Б.А. Дмитрів. Аналіз технологій утилізації та використання волокнистого макулатурного скопу. Екологічна безпека та основи природокористування, 2024, 3 (51), С. 5-21
17. Water filtration media.  
<https://riversands.com.au/stagingnew/application/water-filtration-media/>
18. <https://paperandboard.com.ua/>
19. [https://biz.liga.net/ua/all/all/novosti/kokhavynska-papirnia-rozshyrylasia-i-zbilshyla-vyrobnytstvo-na-60?utm\\_source=chatgpt.com](https://biz.liga.net/ua/all/all/novosti/kokhavynska-papirnia-rozshyrylasia-i-zbilshyla-vyrobnytstvo-na-60?utm_source=chatgpt.com).
20. <https://www.zhkpaper.com/>
21. <https://lcci.com.ua/chleny/kartonno-paperova-kompaniya-pat/>

22. Бать Р.Я., Мальований М.С. Технологія створення біокомпозиції на основі відходів лісової та целюлозно-паперової промисловості. Науковий вісник НЛТУ України, №16(2), 2006, С. 86-88