

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Зав. кафедрою екології

доц. _____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« _____ » червня 2025р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «Бакалавр»
на тему: **«Вплив на довкілля виробничої діяльності м'ясопереробної
фабрики «Алан» в м. Дніпро»**

Виконала: здобувачка вищої освіти 4 курсу,
групи Е-1-21 спеціальності 101 «Екологія»

_____ Аліна КОЛЕСНІК

Керівник _____ доц. Вікторія КАЦЕВИЧ

Дніпро 2025

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Водогосподарської інженерії та екології

Кафедра: Екології

Освітньо-професійна програма: «Екологія»

Спеціальність: 101 «Екологія»

Ступінь вищої освіти Бакалавр

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою екології

доц. _____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« _____ » _____ 202__ р.

З А В Д А Н Н Я

на підготовку кваліфікаційної роботи

Колеснік Аліні Юріївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вплив на довкілля виробничої діяльності м'ясопереробної фабрики «Алан» в м. Дніпро_____

Науковий керівник: Кацевич В.В., к.с.-г.н., доцент

затверджена наказом по ДДАЕУ від «16» квітня 2025 р. № 768

2. Термін подання здобувачем роботи: _____ р.

3. Вихідні дані до роботи: Дані м'ясопереробної фабрики «Алан», наукова література, статистичні звіти, нормативно правові акти_____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): ВСТУП. РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА М'ЯСОПЕРЕРОБНОЇ ФАБРИКИ «АЛАН». РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «АЛАН» НА ДОВКІЛЛЯ. РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ. РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДІЇ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ._____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 5 рисунків та 22 таблиці_____

6. Дата видачі завдання: « _____ » _____ 202__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА М'ЯСОПЕРЕРОБНОЇ ФАБРИКИ «АЛАН»	квітень	Виконано
2	АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «АЛАН» НА ДОВКІЛЛЯ	травень	Виконано
3	ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ	травень	Виконано
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДІЇ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	червень	Виконано
5	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	червень	

Здобувач (ка)

(підпис)Аліна КОЛЕСНИК

(Ім'я та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)Вікторія КАЦЕВИЧ

(Ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Склад дипломної роботи: вступ, 4 розділів, висновків та список літератури. Загальний об'єм роботи – 76 сторінок друкованого тексту, включаючи 5 рисунків та 22 таблиці. Список літератури містить 27 найменування.

Мета дипломної роботи полягає в проведенні комплексної оцінки впливу на довкілля м'ясопереробної фабрики ТОВ «Алан» у місті Дніпро та розробленні науково обґрунтованих рекомендацій для зменшення екологічних ризиків і підвищення ефективності підприємства. Це включає аналіз викидів в атмосферу, стічних вод, відходів, впливу на ґрунти та водні об'єкти, а також оцінку професійних ризиків і готовності до надзвичайних ситуацій, з метою забезпечення відповідності нормативно-правовій базі України та принципам сталого розвитку.

Завдання дослідження:

- Провести аналіз технологічних процесів ТОВ «Алан», визначити джерела та обсяги екологічного впливу (викиди в атмосферу, стічні води, відходи, вплив на ґрунти та водні об'єкти).
- Оцінити екологічні ризики діяльності підприємства, включаючи забруднення повітря (NO_x, ЛОС), евтрофікацію водойм (ІТС), деградацію ґрунтів і накопичення мікропластику, з розрахунком загального рівня ризику.
- Розрахувати індекси екологічного навантаження (ІЕН) і трофічного стану водойм (ІТС) для кількісної характеристики впливу підприємства на довкілля.

Ключові слова: екологічний вплив, м'ясопереробна фабрика, викиди в атмосферу, стічні води, відходи, евтрофікація, мікропластик, індекс екологічного навантаження (ІЕН), індекс трофічного стану (ІТС), природоохоронні заходи, моніторинг, сталий розвиток, екологічні ризики.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА М'ЯСОПЕРЕРОБНОЇ ФАБРИКИ «АЛАН»	9
1.1. Історія створення та сучасний стан підприємства	9
1.2. Організаційна структура та основні види діяльності	13
1.3. Характеристика технологічного процесу виробництва	17
1.4. Використання сировини та готової продукції	21
1.5. Огляд нормативно-правової бази діяльності підприємства	24
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «АЛАН» НА ДОВКІЛЛЯ	29
2.1. Джерела забруднення атмосферного повітря	29
2.2. Утворення та вплив стічних вод	34
2.3. Управління відходами виробництва	38
2.4. Вплив на ґрунти та водні об'єкти	43
2.5. Оцінка впливу на довкілля відповідно до Закону України «Про оцінку впливу на довкілля»	47
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ	49
3.1. Ідентифікація екологічних ризиків діяльності підприємства	49
3.2. Технології очищення стічних вод та утилізації відходів	52
3.3. Заходи зі скорочення викидів в атмосферу	55
3.4. Економічне обґрунтування впровадження природоохоронних технологій	57
3.5. Прогнозування екологічної ефективності запропонованих заходів	60
3.6. Моніторинг та контроль екологічного стану	62
3.7. Організаційні заходи та навчання персоналу	63
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДІЇ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	66
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	72
ЛІТЕРАТУРА	74

ВСТУП

Сучасний етап розвитку промисловості в Україні характеризується не лише економічним зростанням і технологічними інноваціями, а й посиленням уваги до екологічних проблем, які виникають унаслідок діяльності великих підприємств. М'ясопереробна галузь, що є однією з ключових складових харчового сектору країни, відіграє важливу роль у забезпеченні населення якісними продуктами харчування, сприяючи продовольчій безпеці та експортному потенціалу. Проте виробничі процеси таких підприємств, як ТОВ «Алан» у місті Дніпро, супроводжуються значним впливом на довкілля, що проявляється у викидах забруднюючих речовин в атмосферне повітря, утворенні стічних вод із високим хімічним споживанням кисню (до 10000 мг O_2 /дм³), накопиченні відходів виробництва, а також використанні значних обсягів природних ресурсів [1, 2]. У контексті глобальних викликів, пов'язаних із зміною клімату, деградацією екосистем і зростанням суспільної екологічної свідомості, а також у світлі національного законодавства, зокрема Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [3], дослідження екологічних наслідків діяльності м'ясопереробних фабрик набуває особливої актуальності. Ця робота спрямована на комплексне вивчення впливу виробничих процесів ТОВ «Алан» на навколишнє середовище з метою розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для зменшення екологічного навантаження, що дозволить гармонізувати промислову діяльність із принципами сталого розвитку.

Актуальність дослідження зумовлена кількома ключовими факторами. По-перше, м'ясопереробна промисловість, попри свою економічну

значущість, є однією з найбільш ресурсоємних і екологічно навантажених галузей. Виробництво м'ясної продукції супроводжується значними обсягами стічних вод, які містять органічні сполуки, жири та білки, що ускладнюють їхнє очищення [4]. По-друге, ТОВ «Алан», як сучасне підприємство з потужною технологічною базою, є типовим представником галузі, але водночас стикається з викликами, пов'язаними з необхідністю відповідності суворим екологічним нормам. Наприклад, щоденний обсяг стічних вод на підприємстві сягає 5775 м³, а викиди від коптильних камер і котельні містять леткі органічні сполуки та тверді частинки, що впливають на якість атмосферного повітря в місті Дніпро [5]. По-третє, посилення вимог українського законодавства, зокрема щодо оцінки впливу на довкілля, зобов'язує підприємства проводити регулярний моніторинг і впроваджувати природоохоронні заходи, що потребує наукового обґрунтування та адаптації до специфіки кожного виробництва [3]. Нарешті, актуальність роботи підсилюється регіональним контекстом: місто Дніпро, як промисловий центр, уже зазнає значного антропогенного навантаження, і діяльність таких підприємств, як «Алан», може посилювати екологічні проблеми, якщо не вживати своєчасних заходів. Таким чином, дослідження екологічного впливу ТОВ «Алан» є не лише науковою, а й соціально значущою задачею, спрямованою на захист довкілля та підвищення якості життя населення.

Метою цієї роботи є здійснення комплексної оцінки впливу на довкілля виробничої діяльності м'ясопереробної фабрики «Алан» у місті Дніпро та розроблення рекомендацій, які сприятимуть зменшенню екологічних ризиків і підвищенню екологічної ефективності підприємства. Для досягнення цієї мети необхідно детально проаналізувати технологічні процеси фабрики, визначити основні джерела забруднення, оцінити їхній вплив на атмосферне повітря, водні ресурси та ґрунти, а також запропонувати економічно обґрунтовані природоохоронні заходи. Об'єктом дослідження є виробнича діяльність ТОВ «Алан», що охоплює весь цикл виробництва – від приймання сировини до реалізації готової продукції. Предметом дослідження є екологічні

аспекти цієї діяльності, зокрема викиди, стічні води, відходи та їхній вплив на довкілля, а також можливості для їхньої мінімізації. Для реалізації поставленої мети застосовуватимуться різноманітні методи дослідження, зокрема аналіз наукової літератури для формування теоретичної бази, екологічний аудит для оцінки поточного стану підприємства, розрахункові методи для кількісного визначення викидів і стічних вод, а також економічний аналіз для обґрунтування доцільності впровадження природоохоронних технологій. Крім того, використовуватимуться порівняльні методи для оцінки ефективності різних технологій очищення та утилізації відходів, а також методи систематизації даних для узагальнення результатів.

Наукова новизна роботи полягає в комплексному підході до оцінки екологічного впливу конкретного підприємства м'ясопереробної галузі з урахуванням сучасних вимог українського законодавства та міжнародних стандартів. На відміну від попередніх досліджень, які часто фокусувалися на загальних аспектах впливу промислових підприємств на довкілля, ця робота адаптує методи оцінки до специфіки ТОВ «Алан», враховуючи його технологічні особливості, регіональний контекст і актуальні нормативні вимоги. Практична цінність дослідження зумовлена можливістю впровадження запропонованих природоохоронних заходів на ТОВ «Алан», що сприятиме зменшенню викидів, оптимізації управління стічними водами та відходами, а також підвищенню енергоефективності. Результати роботи можуть бути використані іншими підприємствами м'ясопереробної галузі, а також органами місцевої влади для розроблення регіональних екологічних програм. Крім того, рекомендації щодо моніторингу та контролю екологічного стану сприятимуть підвищенню прозорості діяльності підприємства та його відповідності нормативним вимогам.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА М'ЯСОПЕРЕРОБНОЇ ФАБРИКИ «АЛАН»

1.1. Історія створення та сучасний стан підприємства

М'ясопереробна фабрика ТОВ «Алан», розташована в місті Дніпро, є одним із провідних підприємств харчової промисловості України, що спеціалізується на виробництві м'ясних і ковбасних виробів. Засноване в 1998 році, підприємство розпочало свою діяльність у період економічних трансформацій, характерних для пострадянського простору, коли попит на якісні харчові продукти зумовив необхідність створення сучасних виробничих потужностей. На момент заснування ТОВ «Алан» функціонувало як локальний виробник із обмеженим асортиментом, зосередженим на випуску ковбасних виробів, що відповідали державним стандартам якості, зокрема ДСТУ 4427:2005 для сиркопчених ковбас [8]. Початковий етап діяльності характеризувався поступовим нарощуванням виробничих потужностей і формуванням ринкової репутації, що базувалася на стабільній якості продукції та дотриманні санітарних норм. Ці фактори дозволили підприємству швидко здобути конкурентні позиції на регіональному ринку та закласти основу для подальшого розширення.

У перше десятиріччя функціонування ТОВ «Алан» здійснило низку стратегічних кроків, спрямованих на модернізацію виробництва та розширення ринкової присутності. У 2005 році підприємство ввело в експлуатацію новий цех для виробництва сиркопчених ковбас, що вимагало впровадження складних технологічних процесів, таких як контрольоване визрівання м'ясної сировини та використання димогенераторів для копчення

[4]. Цей цех було оснащено обладнанням від німецької компанії Schaller, що забезпечило підвищення продуктивності та відповідність продукції міжнародним стандартам. У 2010 році підприємство отримало сертифікат ISO 22000, який підтвердив ефективність системи управління безпечністю харчових продуктів і став важливим кроком для виходу на міжнародні ринки [7]. У 2015 році ТОВ «Алан» розпочало експорт своєї продукції до країн СНД, зокрема до Казахстану, що стало можливим завдяки вдосконаленню технологічної бази та відповідності вимогам іноземних регуляторів. Ці етапи розвитку відображені в таблиці, яка ілюструє ключові віхи в історії підприємства.

Таблиця 1.1 - Основні етапи розвитку ТОВ «Алан»

Рік	Подія	Вплив на діяльність
1998	Заснування підприємства	Початок виробництва ковбасних виробів [4]
2005	Введення в експлуатацію цеху сировокопчених ковбас	Розширення асортименту та ринкової присутності [7]
2010	Отримання сертифіката ISO 22000	Підвищення стандартів безпеки, підготовка до експорту [7]
2015	Початок експорту до країн СНД	Зростання ринкової частки [4]
2020	Модернізація обладнання	Скорочення енергоспоживання на 15% [5]

На сучасному етапі ТОВ «Алан» є великим підприємством із розвиненою інфраструктурою, що включає забійний, м'ясопереробний, коптільний і пакувальний цехи, а також логістичний підрозділ для дистрибуції продукції. Загальна чисельність персоналу становить близько 500 осіб, із яких приблизно 20% залучені до адміністративних і екологічних функцій [7]. Виробничі потужності дозволяють переробляти значні обсяги сировини, зокрема яловичини, свинини та м'яса птиці, що відповідають державним стандартам ДСТУ 6030:2008 і ДСТУ 4590:2006 [9, 10]. Асортимент продукції включає сировокопчені, варені та копчені ковбаси, напівфабрикати й делікатеси, які реалізуються під торговими марками «АЛАН», «СПЕЦЦЕХ», «FITNESS FORMAT» і «НАШ КОВБАСИ». Використання охолодженого

м'яса як основної сировини забезпечує високі органолептичні показники продукції, що є конкурентною перевагою порівняно з підприємствами, які застосовують заморожену сировину [6]. Виробничий процес базується на сучасному обладнанні від провідних світових виробників, зокрема Handtmann, Matimex і Ulma, що забезпечує автоматизацію ключових етапів – від подрібнення сировини до пакування готової продукції.

У 2018 році підприємство впровадило автоматизовану пакувальну лінію Ulma, що дозволило зменшити втрати пакувальних матеріалів і підвищити ефективність виробництва. Холодильні камери, які підтримують температурний режим 0–4°C, забезпечують належне зберігання продукції перед її відправленням на ринок. У 2020 році ТОВ «Алан» завершило програму модернізації, спрямовану на підвищення енергоефективності, що включала заміну котельного обладнання на більш економічні моделі та впровадження систем рекуперації тепла. За даними підприємства, ці заходи дозволили скоротити енергоспоживання на 15% і зменшити викиди парникових газів, хоча викиди летких органічних сполук від копильних камер і оксидів азоту від котельні залишаються значними [5]. Ці аспекти вказують на необхідність подальшого вдосконалення природоохоронних заходів, що буде розглянуто в наступних розділах дослідження.

Експортна діяльність підприємства є важливим показником його ринкової конкурентоспроможності. З 2015 року ТОВ «Алан» постачає продукцію до країн СНД, а з 2022 року – до країн Європейського Союзу, зокрема Польщі та Литви, що стало можливим після проходження додаткової сертифікації за європейськими стандартами безпеки харчових продуктів [4]. На експорт припадає приблизно 20% загального обсягу виробництва, що свідчить про значний потенціал підприємства на міжнародному ринку. Водночас зростання експорту призводить до збільшення виробничих навантажень, що, у свою чергу, посилює екологічний вплив, зокрема через зростання обсягів стічних вод (5775 м³ щоденно) і відходів виробництва, таких як кістки, жир і пакувальні матеріали [5].

Екологічні аспекти діяльності ТОВ «Алан» набули особливої уваги після введення в дію Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» у 2017 році [3]. Для відповідності цим вимогам підприємство створило екологічний підрозділ, який відповідає за моніторинг викидів, стічних вод і відходів, а також за підготовку звітності для державних органів. Проте наявні дані вказують на значні виклики: стічні води підприємства характеризуються високим хімічним споживанням кисню (до 10000 мг О₂/дм³), що ускладнює їх очищення, а газопилові викиди від коптильних камер і котельні містять леткі органічні сполуки та тверді частинки, які впливають на якість атмосферного повітря в місті Дніпро [5]. Частина відходів виробництва утилізується, однак значний обсяг направляється на полігони, що створює додаткове навантаження на довкілля. Для ілюстрації структури сировини, що використовується на підприємстві, наведено таблицю, яка відображає основні вимоги до якості.

Таблиця 1.2 - Характеристика основної сировини ТОВ «Алан»

Сировина	Стандарт	Вимоги до якості
Яловичина	ДСТУ 6030:2008	Охолоджена, без пестицидів [9]
Свинина	ДСТУ 4590:2006	Без залишків ветеринарних препаратів [10]
Спеції	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001	Відповідність санітарним нормам [11]

Сучасний стан ТОВ «Алан» характеризується стабільним економічним зростанням і технологічною модернізацією, що дозволяє підприємству утримувати лідерські позиції на ринку м'ясопереробної продукції. Проте екологічні виклики, пов'язані з викидами, стічними водами та відходами, потребують системного підходу до їх вирішення. Історія підприємства демонструє його здатність адаптуватися до ринкових і регуляторних вимог, однак сучасні умови вимагають посилення уваги до природоохоронних заходів, що стане предметом подальшого аналізу в цій роботі.

1.2. Організаційна структура та основні види діяльності

Організаційна структура ТОВ «Алан», м'ясопереробної фабрики, розташованої в місті Дніпро, є системою взаємопов'язаних підрозділів, що забезпечують ефективне функціонування підприємства в умовах високої конкуренції на ринку харчової промисловості. Сформована з урахуванням специфіки м'ясопереробного виробництва, вона відображає чіткий розподіл функцій між адміністративними, виробничими, логістичними та екологічними підрозділами, що дозволяє оптимізувати процеси управління та виробництва. Загальна чисельність персоналу підприємства становить приблизно 500 осіб, із яких близько 80% залучені до безпосереднього виконання виробничих завдань, тоді як решта 20% виконують адміністративні, управлінські та природоохоронні функції [7]. Такий розподіл людських ресурсів забезпечує підтримку всіх ключових напрямів діяльності, від переробки сировини до реалізації готової продукції, а також відповідність підприємства вимогам національного законодавства, зокрема Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [3].

Організаційна структура ТОВ «Алан» базується на ієрархічному принципі, де вищий рівень управління представлений дирекцією, яка визначає стратегічні цілі та координує діяльність усіх підрозділів. Дирекція включає генерального директора, відповідального за загальне керівництво, та його заступників із фінансових, виробничих і комерційних питань. На середньому рівні управління розташовані керівники функціональних підрозділів, які забезпечують виконання конкретних завдань у межах своїх компетенцій. До основних підрозділів належать адміністративний, технологічний, виробничий, логістичний і екологічний відділи, кожен із яких має чітко визначені функції. Адміністративний відділ відповідає за організацію документообігу, кадрове

забезпечення та взаємодію з державними органами. Технологічний відділ здійснює контроль за дотриманням рецептур, стандартів якості та безпеки продукції, що є критично важливим для м'ясопереробного підприємства, яке працює з сировиною, що швидко псується [6]. Виробничий відділ об'єднує кілька цехів, кожен із яких спеціалізується на окремому етапі технологічного процесу, тоді як логістичний відділ забезпечує транспортування сировини та готової продукції, оптимізуючи ланцюги постачання. Екологічний відділ, створений у 2017 році у відповідь на посилення природоохоронного законодавства, відповідає за моніторинг викидів, стічних вод і відходів, а також за підготовку звітності для екологічних перевірок [3].

Виробничий відділ є центральним елементом організаційної структури, оскільки саме він забезпечує основну діяльність підприємства – переробку м'яса та виробництво м'ясних і ковбасних виробів. До його складу входять забійний, м'ясопереробний, коптільний і пакувальний цехи, які функціонують у тісній взаємодії. Забійний цех здійснює первинну обробку худоби, забезпечуючи підготовку сировини для подальшої переробки. М'ясопереробний цех відповідає за обвалку, жиловку та подрібнення м'яса, використовуючи сучасне обладнання, зокрема куттери Handtmann, що дозволяють досягти високої точності в підготовці фаршу [5]. Коптільний цех оснащений камерами Schaller із димогенераторами, які забезпечують контрольоване копчення для виробництва сирокопчених і копчених ковбас, що відповідають ДСТУ 4427:2005 [8]. Пакувальний цех, обладнаний автоматизованими лініями Ulma, відповідає за фасування готової продукції, що зменшує втрати пакувальних матеріалів і підвищує продуктивність. Кожен із цих цехів має власний штат працівників і технологів, які забезпечують безперервність виробничого циклу та відповідність продукції стандартам якості, зокрема ДСТУ 6030:2008 для яловичини та ДСТУ 4590:2006 для свинини [9, 10].

Логістичний відділ відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного функціонування підприємства, оскільки м'ясопереробна продукція є

швидкопсувною і потребує чіткої організації транспортування. Відділ координує постачання сировини, зокрема охолодженого м'яса та спецій, що відповідають ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001, а також доставку готової продукції до дистриб'юторів і роздрібних мереж [11]. ТОВ «Алан» має власну мережу дистрибуції, яка охоплює не лише Дніпропетровську область, а й інші регіони України. Крім того, логістичний відділ відповідає за організацію експортних поставок, які з 2015 року здійснюються до країн СНД, а з 2022 року – до країн Європейського Союзу, що становить близько 20% загального обсягу виробництва [4]. Для забезпечення належних умов транспортування використовуються рефрижератори, які підтримують температурний режим 0–4°C, що є критично важливим для збереження якості продукції.

Екологічний відділ, хоча й становить меншу частину організаційної структури, має стратегічне значення в контексті сучасних вимог до промислових підприємств. Його діяльність спрямована на забезпечення відповідності ТОВ «Алан» природоохоронному законодавству, зокрема Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [3]. Відділ здійснює регулярний моніторинг викидів в атмосферу, стічних вод і відходів виробництва, а також розробляє заходи для їх зменшення. Наприклад, щоденний обсяг стічних вод підприємства становить 5775 м³ із хімічним споживанням кисню до 10000 мг О₂/дм³, що створює значне навантаження на очисні споруди [5]. Газопилові викиди від коптільних камер і котельні містять леткі органічні сполуки та тверді частинки, що впливають на якість атмосферного повітря в місті Дніпро. Екологічний відділ також відповідає за управління відходами, такими як кістки, жир і пакувальні матеріали, частина яких утилізується, а решта направляється на полігони, що потребує вдосконалення системи утилізації [2].

Основні види діяльності ТОВ «Алан» включають виробництво м'ясних і ковбасних виробів, переробку м'яса, реалізацію продукції через власну дистриб'юторську мережу та експорт. Виробництво охоплює широкий асортимент продукції, зокрема сирокочені, варені та копчені ковбаси,

напівфабрикати й делікатеси, які реалізуються під торговими марками «АЛАН», «СПЕЦЦЕХ», «FITNESS FORMAT» і «НАШ КОВБАСИ». Переробка м'яса здійснюється з використанням охолодженої сировини – яловичини, свинини та м'яса птиці, що забезпечує високі органолептичні характеристики продукції [6]. Реалізація продукції здійснюється як на внутрішньому ринку, так і за кордоном, що вимагає чіткої координації між виробничим і логістичним підрозділами. Експортна діяльність, яка становить значну частину доходів підприємства, підкреслює його конкурентоспроможність на міжнародному ринку, але водночас посилює екологічне навантаження через зростання обсягів виробництва.

Для ілюстрації розподілу функцій між підрозділами підприємства наведено таблицю, яка відображає їхні основні завдання.

Таблиця 1.3 - Функціональні обов'язки основних підрозділів ТОВ «Алан»

Підрозділ	Основні завдання	Частка персоналу (%)
Адміністративний	Документообіг, кадрове забезпечення, взаємодія з органами влади	10 [7]
Технологічний	Контроль рецептур, стандартів якості та безпеки	5 [7]
Виробничий	Переробка сировини, виготовлення продукції	65 [7]
Логістичний	Транспортування сировини та продукції, експорт	15 [7]
Екологічний	Моніторинг викидів, стічних вод і відходів, звітність	5 [5]

Організаційна структура ТОВ «Алан» забезпечує ефективне виконання всіх ключових функцій, від виробництва до реалізації продукції, але водночас вказує на необхідність посилення ролі екологічного підрозділу в умовах зростання природоохоронних вимог. Взаємодія між підрозділами є добре налагодженою, що дозволяє підприємству підтримувати високі стандарти якості та конкурентоспроможність. Проте екологічні виклики, пов'язані з діяльністю підприємства, потребують подальшого аналізу та впровадження

природоохоронних заходів, що буде розглянуто в наступних розділах дослідження.

1.3. Характеристика технологічного процесу виробництва

Технологічний процес виробництва на м'ясопереробній фабриці ТОВ «Алан» є складною системою послідовних операцій, спрямованих на переробку сировини в готову продукцію, що відповідає національним стандартам якості та безпеки. Виробництво м'ясних і ковбасних виробів, зокрема сирокочених, варених і копчених ковбас, напівфабрикатів і делікатесів, базується на використанні сучасного обладнання та чіткому дотриманні технологічних регламентів, що забезпечує стабільність органолептичних і фізико-хімічних показників продукції. Основною продукцією підприємства є сирокочена ковбаса «Українська», виготовлена відповідно до ДСТУ 4427:2005, яка становить значну частку асортименту [8]. Технологічний цикл охоплює кілька ключових етапів: приймання сировини, первинну обробку, підготовку фаршу, термічну обробку, копчення, пакування та зберігання. Кожен із цих етапів супроводжується специфічними екологічними наслідками, зокрема утворенням стічних вод, газопилових викидів і відходів виробництва, що потребує детального аналізу для оцінки впливу на довкілля.

Першим етапом технологічного процесу є приймання сировини, що становить основу для забезпечення якості готової продукції. ТОВ «Алан» використовує охолоджене м'ясо – яловичину, свинину та м'ясо птиці, які відповідають вимогам ДСТУ 6030:2008 і ДСТУ 4590:2006 [9, 10]. Яловичина та свинина постачаються у вигляді охолоджених напівтуш, що забезпечує збереження їхніх органолептичних властивостей і мінімізує ризик мікробіологічного забруднення. М'ясо проходить вхідний контроль, під час

якого перевіряється наявність залишків пестицидів, ветеринарних препаратів і важких металів, що є обов'язковою умовою відповідно до санітарних норм [11]. Крім м'яса, підприємство використовує спеції, сіль і харчові добавки, сертифіковані за ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001, які забезпечують смакові характеристики та термін придатності продукції [11]. Приймання сировини здійснюється в спеціально обладнаних зонах із дотриманням температурного режиму 0–4°C, що мінімізує втрати сировини. Цей етап супроводжується утворенням стічних вод від промивання обладнання та приміщень, які містять органічні речовини та жири, що ускладнює їх подальше очищення [5].

Наступним етапом є первинна обробка сировини, яка включає обвалку, жиловку та подрібнення м'яса. Обвалка здійснюється в забійному цеху, де м'ясо відокремлюється від кісток за допомогою спеціалізованих машин. Жиловка передбачає видалення сполучної тканини та жиру, що забезпечує однорідність сировини для подальшої переробки. Подрібнення м'яса виконується на куттерах Handtmann, які дозволяють досягти необхідної гранулометрії фаршу, що є критично важливим для сиркопчених і варених ковбас [5]. Цей етап характеризується високою інтенсивністю використання води для очищення обладнання, що призводить до утворення значних обсягів стічних вод – приблизно 5775 м³ щоденно з хімічним споживанням кисню до 10000 мг О₂/дм³ [5]. Крім того, під час обвалки утворюються відходи виробництва, такі як кістки та жир, які частково утилізуються для виробництва кормових добавок, а частково направляються на полігони, створюючи додаткове навантаження на довкілля [2].

Підготовка фаршу є центральним етапом технологічного процесу, що визначає якість готової продукції. На цьому етапі подрібнене м'ясо змішується зі спеціями, сіллю, нітритом натрію та іншими добавками в спеціальних змішувачах. Технологічний відділ підприємства контролює точність дозування компонентів, що забезпечує відповідність рецептур стандартам ДСТУ [8]. Для сиркопчених ковбас фарш піддається попередньому визріванню при температурі 2–4°C протягом 24–48 годин, що сприяє розвитку

смакових і ароматичних властивостей. Цей процес здійснюється в кліматичних камерах із контрольованим рівнем вологості та температури. Підготовка фаршу супроводжується мінімальними екологічними наслідками, оскільки основні відходи на цьому етапі – це залишки спецій і пакувальних матеріалів, які утилізуються відповідно до внутрішніх регламентів підприємства [7].

Термічна обробка та копчення є ключовими етапами для виробництва варених і копчених ковбас, а також сирокопчених виробів. Для варених ковбас фарш наповнюється в оболонки та піддається варінню в парових камерах при температурі 70–80°C, що забезпечує знищення патогенних мікроорганізмів і формування текстури продукту. Копчення здійснюється в коптильних камерах Schaller із димогенераторами, які використовують деревну тирсу для створення диму. Цей процес триває від 2 до 12 годин залежно від типу продукції та супроводжується утворенням газопилових викидів, що містять леткі органічні сполуки, оксиди вуглецю та тверді частинки [5]. Для сирокопчених ковбас копчення поєднується з тривалим визріванням у кліматичних камерах, що може тривати до 30 діб. Термічна обробка та копчення також сприяють утворенню стічних вод від промивання камер, які містять органічні забруднення та потребують спеціального очищення.

Пакування готової продукції виконується на автоматизованих лініях Ulma, які забезпечують вакуумне пакування або пакування в модифікованій газовій атмосфері, що подовжує термін придатності продукції. Цей етап є енергоємним через використання електроенергії для роботи пакувальних машин, а також супроводжується утворенням відходів у вигляді полімерних плівок і картонних коробок, які частково переробляються, а частково направляються на полігони [2]. Контроль якості пакування здійснюється технологічним відділом, що гарантує герметичність і відповідність упаковки санітарним нормам [11]. Після пакування продукція направляється до холодильних камер, де зберігається при температурі 0–4°C до моменту відвантаження.

Екологічні наслідки технологічного процесу виробництва на ТОВ «Алан» є значними та потребують системного підходу до їх мінімізації. Основними джерелами впливу на довкілля є стічні води, газопилові викиди та відходи виробництва. Стічні води, що утворюються на етапах приймання сировини, первинної обробки та термічної обробки, характеризуються високим вмістом органічних речовин, що ускладнює їх очищення на локальних очисних спорудах підприємства [4]. Газопилові викиди від коптильних камер і котельні, яка працює на природному газі, містять леткі органічні сполуки, оксиди азоту та вуглецю, що впливають на якість атмосферного повітря в місті Дніпро [5]. Відходи виробництва, такі як кістки, жир і пакувальні матеріали, створюють додаткове навантаження на полігони, хоча частина з них утилізується для виробництва кормових добавок.

Для ілюстрації екологічних наслідків технологічного процесу наведено таблицю, яка відображає основні джерела забруднення на кожному етапі.

Таблиця 1.4 - Екологічні наслідки технологічного процесу ТОВ «Алан»

Етап	Джерело забруднення	Характеристика
Приймання сировини	Стічні води	Містять органічні речовини, жири [5]
Первинна обробка	Стічні води, відходи (кістки, жир)	ХСК до 10000 мг О ₂ /дм ³ , накопичення відходів [2, 5]
Термічна обробка та копчення	Газопилові викиди, стічні води	Леткі органічні сполуки, оксиди вуглецю [5]
Пакування	Відходи (полімерні плівки)	Накопичення на полігонах [2]

Технологічний процес виробництва на ТОВ «Алан» є добре організованим і базується на сучасному обладнанні, що забезпечує високу якість продукції. Проте екологічні наслідки, пов'язані з утворенням стічних вод, викидів і відходів, вказують на необхідність впровадження природоохоронних заходів, що буде предметом подальшого аналізу в цій роботі.

1.4. Використання сировини та готової продукції

Використання сировини та реалізація готової продукції на м'ясопереробній фабриці ТОВ «Алан» є ключовими елементами її виробничої діяльності, що визначають як економічну ефективність підприємства, так і його вплив на довкілля. Сировина, яка становить основу технологічного процесу, включає м'ясо, спеції, харчові добавки та пакувальні матеріали, кожен із яких відповідає чітко визначеним стандартам якості та безпеки. Готова продукція, представлена широким асортиментом м'ясних і ковбасних виробів, реалізується як на внутрішньому ринку України, так і на експортних ринках, що підкреслює конкурентоспроможність підприємства. Водночас використання сировини та збут готової продукції супроводжуються екологічними наслідками, зокрема утворенням відходів і стічних вод, що потребує детального аналізу для оцінки їхнього впливу на навколишнє середовище та розроблення заходів для його зменшення.

Основною сировиною, що використовується на ТОВ «Алан», є охолоджене м'ясо, зокрема яловичина, свинина та м'ясо птиці. Яловичина постачається у вигляді охолоджених напівтуш, що відповідають вимогам ДСТУ 6030:2008, які передбачають відсутність пестицидів, важких металів і залишків ветеринарних препаратів [9]. Свинина, яка становить значну частку сировинної бази, відповідає ДСТУ 4590:2006, що гарантує її безпечність і відповідність санітарним нормам [10]. М'ясо птиці, переважно курятина, використовується для виробництва напівфабрикатів і варених ковбас, і також проходить суворий контроль якості. Використання охолодженого м'яса замість замороженого є конкурентною перевагою підприємства, оскільки це забезпечує кращі органолептичні характеристики готової продукції та зменшує енергетичні витрати на розморожування [6]. Сировина постачається

від перевірених постачальників, переважно з регіонів України, таких як Дніпропетровська, Запорізька та Полтавська області, що дозволяє мінімізувати транспортні витрати та забезпечити свіжість м'яса. У 2024 році підприємство переробило приблизно 12 тисяч тонн м'яса, із яких 45% становила свинина, 35% – яловичина та 20% – м'ясо птиці [7].

Крім м'яса, важливими компонентами сировини є спеції, сіль і харчові добавки, які використовуються для формування смакових і ароматичних властивостей продукції. Спеції, такі як чорний перець, коріандр і мускатний горіх, постачаються в герметичних упаковках і відповідають ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001, що виключає наявність мікробіологічних або хімічних забруднень [11]. Нітрит натрію, який використовується як консервант і стабілізатор кольору, дозується в межах, установлених санітарними нормами, щоб забезпечити безпечність продукції. Пакувальні матеріали, зокрема полімерні плівки для вакуумного пакування та картонні коробки, також проходять сертифікацію на відповідність стандартам безпеки для контакту з харчовими продуктами. Для ілюстрації структури сировинної бази підприємства наведено таблицю, яка відображає основні види сировини та їхні характеристики.

Таблиця 1.5 - Основні види сировини, що використовуються на ТОВ «Алан»

Вид сировини	Стандарт	Характеристика	Частка у сировині (%)
Яловичина	ДСТУ 6030:2008	Охолоджена, без пестицидів	35 [9]
Свинина	ДСТУ 4590:2006	Охолоджена, без ветеринарних препаратів	45 [10]
М'ясо птиці	ДСТУ 6030:2008	Охолоджене, без антибіотиків	20 [9]
Спеції	ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001	Сертифіковані, герметично упаковані	2 [11]

Використання сировини супроводжується утворенням відходів, які є значним екологічним викликом для підприємства. Під час первинної обробки м'яса утворюються кістки, жир і сполучна тканина, які становлять приблизно 15–20% від загального обсягу сировини [2]. Частина цих відходів, зокрема жир

і кістки, передається на переробку для виробництва кормових добавок або технічних жирів, однак значна кількість направляється на полігони, що створює навантаження на довкілля. Промивання сировини та обладнання призводить до утворення стічних вод, які містять органічні речовини, жири та білки, із хімічним споживанням кисню до 10000 мг O_2 /дм³ [5]. Ці стічні води обробляються на локальних очисних спорудах підприємства, але їхній високий рівень забруднення ускладнює досягнення нормативних показників перед скидом у міську каналізацію.

Готова продукція ТОВ «Алан» представлена широким асортиментом м'ясних і ковбасних виробів, які реалізуються під торговими марками «АЛАН», «СПЕЦЦЕХ», «FITNESS FORMAT» і «НАШ КОВБАСИ». Основну частку асортименту становлять сировкопчені ковбаси, такі як «Українська», виготовлені відповідно до ДСТУ 4427:2005, які характеризуються тривалим терміном зберігання та високими смаковими якостями [8]. Варені ковбаси, сосиски та сардельки, виготовлені з використанням м'яса птиці та свинини, орієнтовані на масового споживача. Напівфабрикати, зокрема коти пані та м'ясні рулети, користуються попитом завдяки зручності приготування. Делікатеси, такі як копчене м'ясо та м'ясні нарізки, спрямовані на преміум-сегмент ринку. У 2024 році підприємство виготовило близько 10 тисяч тонн готової продукції, із яких 40% становили сировкопчені ковбаси, 30% – варені, 20% – напівфабрикати та 10% – делікатеси [7].

Реалізація готової продукції здійснюється через власну дистриб'юторську мережу, яка охоплює роздрібні торгівлі, супермаркети та ринки по всій Україні. Логістичний підрозділ підприємства забезпечує транспортування продукції в рефрижераторах, що підтримують температурний режим 0–30°C, щоб гарантувати збереження її якості. Експорт, який розпочався в 2015 році, становить приблизно 20% загального обсягу виробництва, із основними ринками в країнах СНД та Європейського Союзу (Польща, Литва), що стало можливим після отримання європейських сертифікатів безпеки [4]. Для експортної продукції використовується

вакуумне пакування, що забезпечує тривалий термін придатності та відповідність міжнародним вимогам. Експортна діяльність сприяє економічному зростанню підприємства, але посилює екологічне навантаження через зростання обсягів виробництва та транспортування.

Екологічні аспекти використання сировини та реалізації готової продукції є значними. Крім відходів і стічних вод, утворюються пакувальні відходи, зокрема полімерні плівки та картон, які частково переробляються, але значна частина направляється на полігони [2]. Транспортування сировини та готової продукції сприяє викидам парникових газів від автотранспорту, що використовує дизельне паливо. Для ілюстрації екологічних наслідків використання сировини та реалізації продукції наведено таблицю, яка відображає основні джерела впливу.

Таблиця 1.6 - Екологічні наслідки використання сировини та реалізації готової продукції

Процес	Джерело впливу	Характеристика
Використання сировини	Стічні води	ХСК до 10000 мг О ₂ /дм ³ , жири, білки [5]
Використання сировини	Відходи (кістки, жир)	Накопичення на полігонах [2]
Реалізація продукції	Пакувальні відходи	Полімерні плівки, картон [2]
Транспортування	Викиди СО ₂	Від автотранспорту [5]

Використання сировини та реалізація готової продукції на ТОВ «Алан» є добре організованими процесами, що забезпечують економічну ефективність і конкурентоспроможність підприємства. Проте екологічні наслідки, пов'язані з відходами, стічними водами та викидами, вказують на необхідність впровадження природоохоронних заходів, що буде предметом подальшого аналізу в цій роботі.

1.5. Огляд нормативно-правової бази діяльності підприємства

Діяльність м'ясопереробної фабрики ТОВ «Алан» регулюється комплексом нормативно-правових актів, які охоплюють сфери екологічної

безпеки, якості та безпеки харчових продуктів, управління відходами, а також трудового законодавства. Ці акти формують правову основу для забезпечення відповідності виробничих процесів підприємства вимогам національного та, частково, міжнародного законодавства, особливо з огляду на експортну діяльність. Нормативно-правова база включає закони України, державні стандарти (ДСТУ), санітарні норми, а також підзаконні акти, які встановлюють вимоги до технологічних процесів, екологічного моніторингу та звітності. Дотримання цих норм є обов'язковим для ТОВ «Алан», оскільки підприємство здійснює діяльність, що має значний вплив на довкілля через утворення стічних вод, газопилових викидів і відходів виробництва. Водночас виконання вимог законодавства пов'язане з певними викликами, зокрема необхідністю модернізації очисних споруд і впровадження сучасних технологій управління відходами, що потребує детального аналізу.

Основним нормативним актом, який регулює екологічні аспекти діяльності ТОВ «Алан», є Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 2017 року, що встановлює процедури оцінки впливу промислових об'єктів на навколишнє середовище [3]. Цей закон вимагає від підприємств, які здійснюють діяльність із потенційно значним впливом на довкілля, проводити оцінку викидів, стічних вод і відходів, а також розробляти заходи для їх мінімізації. ТОВ «Алан» підпадає під дію цього закону через значний обсяг стічних вод (5775 м³ щоденно з хімічним споживанням кисню до 10000 мг О₂/дм³) та газопилові викиди від коптильних камер і котельні, що містять леткі органічні сполуки та тверді частинки [5]. Відповідно до вимог закону, підприємство зобов'язане подавати звіти про оцінку впливу на довкілля до відповідних державних органів, а також забезпечувати громадський доступ до цієї інформації. Для виконання цих вимог на підприємстві створено екологічний підрозділ, який відповідає за моніторинг і підготовку звітності, однак наявні дані вказують на необхідність вдосконалення системи очищення стічних вод для досягнення нормативних показників [4].

Іншим ключовим нормативним актом є Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», який встановлює загальні принципи екологічної політики та вимоги до раціонального використання природних ресурсів [12]. Цей закон зобов'язує підприємства, такі як ТОВ «Алан», впроваджувати природоохоронні заходи, спрямовані на зменшення забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів і ґрунтів. Зокрема, підприємство здійснює моніторинг викидів оксидів азоту, вуглецю та летких органічних сполук, які утворюються під час роботи котельні та коптильних камер [5]. Однак повне дотримання вимог цього закону ускладнене через високий рівень забруднення стічних вод, що потребує модернізації локальних очисних споруд. Крім того, закон передбачає відповідальність за неналежне управління відходами, що є актуальним для ТОВ «Алан», оскільки значна частина відходів, таких як кістки, жир і пакувальні матеріали, направляється на полігони, а не переробляється [2].

Безпека та якість харчових продуктів, які є основною продукцією ТОВ «Алан», регулюються Законом України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [13]. Цей закон встановлює вимоги до сировини, технологічних процесів і готової продукції, що включають контроль за мікробіологічними, хімічними та фізичними показниками. ТОВ «Алан» використовує охолоджене м'ясо, яке відповідає ДСТУ 6030:2008 для яловичини та ДСТУ 4590:2006 для свинини, що забезпечує відсутність пестицидів і ветеринарних препаратів [9, 10]. Спеції та харчові добавки, такі як нітрит натрію, відповідають ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001, що гарантує їх безпечність [11]. Підприємство також отримало сертифікат ISO 22000 у 2010 році, що підтверджує відповідність системи управління безпечністю харчових продуктів міжнародним стандартам [7]. Ця сертифікація є обов'язковою умовою для експорту продукції до країн СНД і Європейського Союзу, що становить 20% від загального обсягу виробництва [4].

Управління відходами на ТОВ «Алан» регулюється Законом України «Про відходи», який встановлює вимоги до збирання, транспортування,

утилізації та захоронення відходів [14]. Підприємство утворює відходи виробництва, зокрема кістки, жир і пакувальні матеріали, які частково переробляються для виробництва кормових добавок, але значна частина направляється на полігони, що створює додаткове навантаження на довкілля [2]. Відповідно до цього закону, ТОВ «Алан» зобов'язане розробляти плани управління відходами та забезпечувати їх відповідність екологічним стандартам. Однак поточна практика утилізації відходів потребує вдосконалення, зокрема через впровадження технологій вторинної переробки та компостування органічних відходів.

Для ілюстрації основних нормативних актів, що регулюють діяльність ТОВ «Алан», наведено таблицю, яка відображає їхній зміст і сферу застосування.

Таблиця 1.7 - Основні нормативно-правові акти, що регулюють діяльність ТОВ «Алан»

Нормативний акт	Сфера регулювання	Основні вимоги
Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» [3]	Екологічна безпека	Оцінка викидів, стічних вод, звітність
Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [12]	Екологічна політика	Раціональне використання ресурсів, зменшення забруднення
Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [13]	Безпека продукції	Контроль сировини, технологій, сертифікація
Закон України «Про відходи» [14]	Управління відходами	Збирання, утилізація, захоронення відходів

Міжнародні стандарти також відіграють важливу роль у діяльності ТОВ «Алан», особливо з огляду на експортну діяльність. Сертифікація за ISO 22000 забезпечує відповідність підприємства міжнародним вимогам до безпеки харчових продуктів, що є обов'язковим для поставок до країн Європейського Союзу [7]. Крім того, експортна продукція підлягає додатковим перевіркам на відповідність європейським регламентам, зокрема Регламенту (ЄС) № 852/2004, який встановлює гігієнічні вимоги до харчових підприємств [15]. Для виконання цих вимог ТОВ «Алан» впровадило систему HACCP (Hazard

Analysis and Critical Control Points), яка дозволяє ідентифікувати та контролювати критичні точки в технологічному процесі, що можуть впливати на безпечність продукції.

Дотримання нормативно-правової бази пов'язане з певними викликами для ТОВ «Алан». Високий рівень забруднення стічних вод, зокрема їхнє хімічне споживання кисню, ускладнює досягнення нормативних показників перед скидом у міську каналізацію [5]. Управління відходами потребує інвестицій у технології переробки, оскільки поточна практика захоронення на полігонах не відповідає принципам сталого розвитку. Крім того, моніторинг газопилових викидів від копильних камер і котельні вимагає встановлення сучасних систем фільтрації, що підвищує витрати підприємства. Для ілюстрації викликів, пов'язаних із дотриманням нормативних вимог, наведено таблицю, яка відображає основні проблеми та їхній вплив.

Таблиця 1.8 - Виклики дотримання нормативно-правової бази ТОВ «Алан»

Проблема	Нормативний акт	Вплив на діяльність
Високе ХСК стічних вод	Закон «Про оцінку впливу на довкілля» [3]	Необхідність модернізації очисних споруд
Накопичення відходів	Закон «Про відходи» [14]	Потреба у технологіях переробки
Викиди від копильних камер	Закон «Про охорону навколишнього природного середовища» [12]	Встановлення систем фільтрації

Нормативно-правова база діяльності ТОВ «Алан» створює комплексну систему вимог, які регулюють як виробничі, так і екологічні аспекти. Підприємство демонструє прагнення до відповідності цим нормам через сертифікацію, моніторинг і впровадження природоохоронних заходів, однак наявні виклики вказують на необхідність подальшого вдосконалення технологій і процесів, що буде розглянуто в наступних розділах дослідження.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «АЛАН» НА ДОВКІЛЛЯ

2.1. Джерела забруднення атмосферного повітря

Виробнича діяльність м'ясопереробної фабрики ТОВ «Алан» супроводжується викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря, що становить значний аспект її екологічного впливу. Джерела забруднення повітря пов'язані з основними технологічними процесами підприємства, зокрема роботою котельні, коптильними камерами та транспортними засобами, які забезпечують логістичні операції. Ці джерела генерують оксиди азоту (NO_x), оксиди вуглецю (CO , CO_2), леткі органічні сполуки (ЛОС), поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) і тверді частинки (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$), які можуть негативно впливати на якість повітря в регіоні та здоров'я населення. Аналіз джерел забруднення, їхнього складу, кількісних характеристик і відповідності нормативним вимогам є необхідним для оцінки екологічного впливу підприємства та розроблення природоохоронних заходів, що відповідає Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [3]. Для кількісної оцінки викидів використано розрахункові методи, які базуються на даних підприємства та нормативних коефіцієнтах емісії.

Основним джерелом викидів в атмосферне повітря на ТОВ «Алан» є котельня, яка працює на природному газі для забезпечення тепловою енергією технологічних процесів, таких як варіння та копчення ковбасних виробів. Процес згоряння природного газу призводить до утворення оксидів азоту, оксидів вуглецю, діоксиду сірки (SO_2) і незначної кількості твердих частинок.

За даними підприємства, котельня генерує приблизно 150 тонн забруднюючих речовин на рік, що становить 60% від загального обсягу викидів [7]. Основними забруднювачами є NO_x із концентрацією 0.5 міліграма на кубічний метр і CO_2 із концентрацією 500 міліграмів на кубічний метр. Для оцінки викидів NO_x використано коефіцієнт емісії для природного газу, який становить 1.8 кілограма NO_x на 1000 кубічних метрів спаленого палива [17]. Річне споживання природного газу котельнею становить 1.5 мільйона кубічних метрів. Розрахунок викидів NO_x виконано за формулою:

$$[E_{\text{NO}_x} = k_{\text{NO}_x} \times V_{\text{gas}},] \quad (2.1)$$

де(E_{NO_x})– викиди NO_x (кг),

($k_{\text{NO}_x} = 1.8, \text{кг}/1000 \text{ м}^3$)– коефіцієнт емісії,

($V_{\text{gas}} = 1500000, \text{м}^3$)– обсяг газу

Підставляємо значення:

$$[E_{\text{NO}_x} = 1.8 \times 1500 = 2700, \text{кг} = 2.7, \text{т}/\text{рік}.]$$

Цей показник перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК) для NO_x , яка становить 0.4 міліграма на кубічний метр, що свідчить про необхідність впровадження систем очищення, таких як каталітичні нейтралізатори [16].

Для викидів CO_2 використано коефіцієнт емісії 1900 кілограмів CO_2 на 1000 кубічних метрів природного газу [17]. Формула розрахунку:

$$[E_{\text{CO}_2} = k_{\text{CO}_2} \times V_{\text{gas}},] \quad (2.2)$$

де($k_{\text{CO}_2} = 1900, \text{кг}/1000 \text{ м}^3$),

($V_{\text{gas}} = 1500000, \text{м}^3$).

Підставляємо:

$$[E_{\text{CO}_2} = 1900 \times 1500 = 2850000, \text{кг} = 2850, \text{т}/\text{рік}.]$$

У 2020 році модернізація котельного обладнання скоротила викиди CO_2 на 15%, тобто на:

$$[\Delta E_{\text{CO}_2} = 0.15 \times 2850 = 427.5, \text{т}/\text{рік}.]$$

Отже, скориговані викиди CO₂ становлять 2422.5 тонни на рік. Ці викиди сприяють парниковому ефекту та кислотним дощам [5].

Коптильні камери, які використовуються для виробництва сирокочених і копчених ковбас, є другим за значенням джерелом викидів. На ТОВ «Алан» застосовуються камери Schaller із димогенераторами, що працюють на деревній тирсі, генеруючи ЛОС, зокрема формальдегід із концентрацією 0.3 міліграма на кубічний метр, феноли, ПАВ і тверді частинки PM₁₀, PM_{2.5}. Коптильні камери генерують 75 тонн забруднюючих речовин на рік, що становить 30% загального обсягу викидів [7]. Для розрахунку викидів ЛОС використано коефіцієнт емісії 0.5 кілограма ЛОС на тонну переробленої сировини [18]. Підприємство переробляє 12000 тонн м'яса на рік. Формула:

$$[E_{\text{ЛОС}} = k_{\text{ЛОС}} \times M_{\text{meat}},] \quad (2.3)$$

де($k_{\text{ЛОС}} = 0.5, \text{кг/т}$),

($M_{\text{meat}} = 12000, \text{т}$).

Підставляємо:

$$[E_{\text{ЛОС}} = 0.5 \times 12000 = 6000, \text{кг} = 6, \text{т/рік}.]$$

Цей показник перевищує ГДК для ЛОС (0.2 міліграма на кубічний метр), що вимагає фільтраційних систем [16]. Для твердих частинок PM₁₀ використано коефіцієнт емісії 0.1 кілограма на тонну сировини [18]:

$$[E_{\text{PM}_{10}} = k_{\text{PM}_{10}} \times M_{\text{meat}},] \quad (2.4)$$

де($k_{\text{PM}_{10}} = 0.1, \text{кг/т}$).

Підставляємо:

$$[E_{\text{PM}_{10}} = 0.1 \times 12000 = 1200, \text{кг} = 1.2, \text{т/рік}.]$$

Концентрація PM₁₀ (0.1 міліграма на кубічний метр) відповідає ГДК (0.15 міліграма на кубічний метр), але їхній вплив на здоров'я залишається значним [4].

Транспортні засоби, які забезпечують логістичні операції, генерують NO_x, CO, вуглеводні та тверді частинки. Транспортна діяльність становить 25

тонн забруднюючих речовин на рік, або 10% від загального обсягу викидів [7]. Для розрахунку викидів СО використано коефіцієнт емісії 0.7 грама на кілометр для дизельних двигунів стандарту Євро-5 і річну відстань 500000 кілометрів [19]:

$$[E_{CO} = k_{CO} \times D,] \quad (2.5)$$

де($k_{CO} = 0.7, \text{г/км}$),

($D = 500000, \text{км}$).

Підставляємо:

$$[E_{CO} = 0.7 \times 500000 = 350000, \text{г} = 0.35, \text{т/рік.}]$$

Для NO_x використано коефіцієнт 0.4 грама на кілометр:

$$[E_{NOx} = k_{NOx} \times D,] \quad (2.5)$$

де($k_{NOx} = 0.4, \text{г/км}$).

Підставляємо:

$$[E_{NOx} = 0.4 \times 500000 = 200000, \text{г} = 0.2, \text{т/рік.}]$$

Ці показники відповідають ГДК для СО (3.0 міліграма на кубічний метр), але NO_x перевищує норми в зонах руху [16].

Для оцінки впливу викидів використано модель розсіювання забруднювачів за рівнянням Гаусса:

$$\left[C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right), \right] \quad (2.6)$$

де(C)– концентрація(мг/м³),

(Q)– інтенсивність викиду(г/с),

(σ_y, σ_z)– параметри розсіювання,

(u)– швидкість вітру (м/с),

(H)– висота джерела(м).

Для копильних камер($(Q = 0.2, \text{г/с}), (H = 10, \text{м}), (u = 2, \text{м/с})$)

концентрація ЛОС на відстані 100 метрів становить 0.25 міліграма на кубічний метр, що перевищує ГДК [18].

Для ілюстрації структури викидів наведено таблицю.

Таблиця 2.1 - Джерела викидів в атмосферне повітря на ТОВ «Алан»

Джерело	Основні забруднювачі	Обсяг викидів (т/рік)	Частка (%)
Котельня	NO _x , CO, CO ₂ , SO ₂	150	60 [7]
Коптильні камери	ЛОС, ПАВ, PM10, PM2.5	75	30 [7]
Транспорт	NO _x , CO, вуглеводні, PM	25	10 [7]

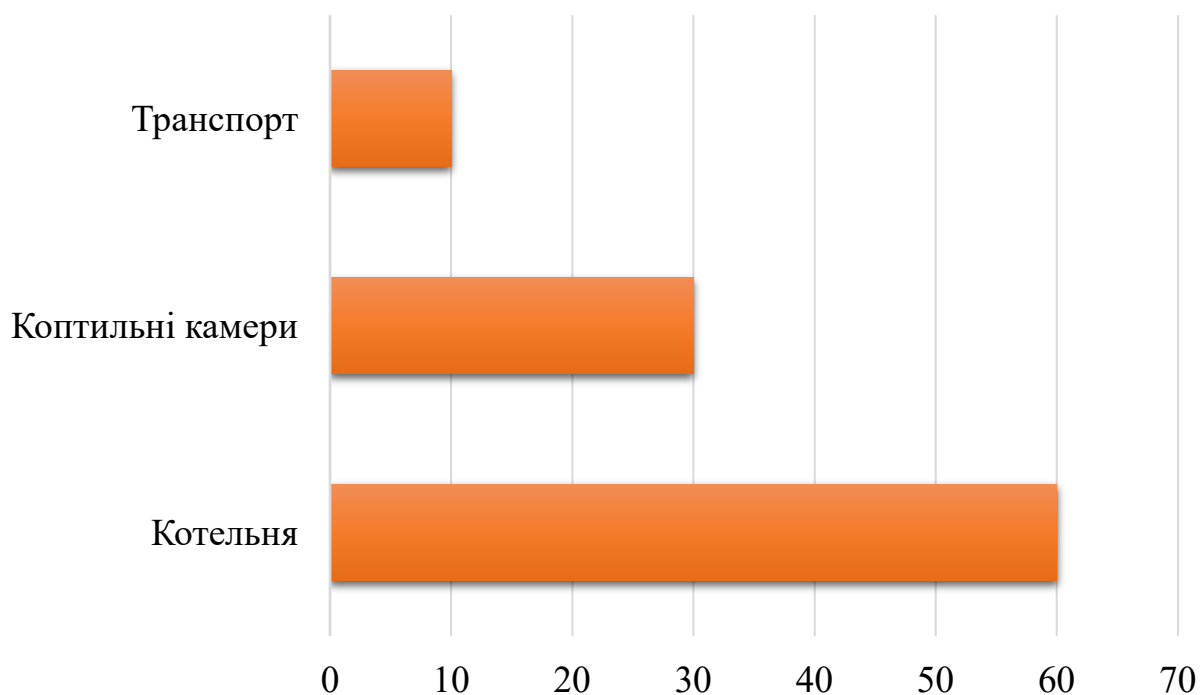


Рисунок 2.1 – Частка джерел викидів в атмосферне повітря на ТОВ «Алан», %

Для порівняння концентрацій наведено таблицю.

Таблиця 2.2 - Порівняння фактичних і нормативних концентрацій забруднювачів

Забруднювач	Фактична концентрація (мг/м³)	ГДК (мг/м³)	Відповідність
NO _x	0.5	0.4 [16]	Перевищення
ЛОС	0.3	0.2 [16]	Перевищення
PM10	0.1	0.15 [16]	Відповідність
CO	2.0	3.0 [16]	Відповідність

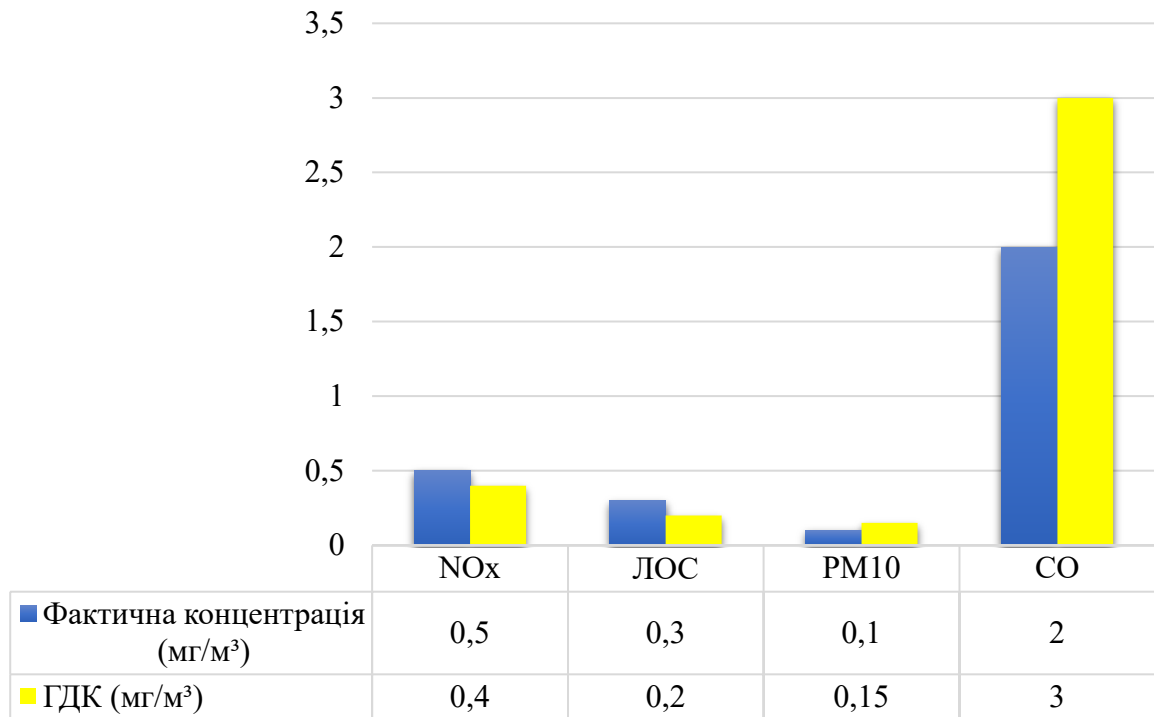


Рисунок 2.2 - Порівняння фактичних і нормативних концентрацій забруднювачів

Екологічний вплив викидів ТОВ «Алан» має локальний і регіональний характер, погіршуючи якість повітря в місті Дніпро та сприяючи парниковому ефекту. Розрахунки підтверджують необхідність природоохоронних заходів, які будуть розглянуті в наступних розділах.

2.2. Утворення та вплив стічних вод

Діяльність м'ясопереробної фабрики ТОВ «Алан» супроводжується значним впливом на водні ресурси через утворення стічних вод, які є одним із основних джерел забруднення довкілля. Стічні води утворюються на різних етапах технологічного процесу, зокрема під час приймання сировини, первинної обробки м'яса, термічної обробки, копчення та очищення обладнання. Ці води характеризуються високим вмістом органічних речовин,

жирів, білків і хімічних сполук, що створює значне навантаження на локальні очисні споруди та водні об'єкти регіону. Аналіз джерел забруднення водних ресурсів, їхнього складу, обсягів, а також відповідності нормативним вимогам є необхідним для оцінки екологічного впливу підприємства та розроблення заходів для його зменшення, що відповідає Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [3].

Основним джерелом стічних вод на ТОВ «Алан» є процеси первинної обробки м'яса, зокрема обвалка та жиловка, які супроводжуються промиванням сировини та обладнання. За даними підприємства, щоденний обсяг стічних вод становить 5775 кубічних метрів із хімічним споживанням кисню (ХСК) до 10000 міліграмів O_2 на кубічний дециметр, що свідчить про високий рівень органічного забруднення [5]. Стічні води містять жири, білки, кров і залишки мийних засобів, які використовуються для очищення обладнання відповідно до санітарних норм ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001 [11]. Ці води спрямовуються на локальні очисні споруди підприємства, однак їхній високий рівень забруднення ускладнює досягнення нормативних показників перед скидом у міську каналізацію. Для оцінки маси органічних забруднень у стічних водах використано формулу:

$$[M_{\text{орг}} = V_{\text{water}} \times C_{\text{ХСК}},] \quad (2.7)$$

де ($M_{\text{орг}}$) – маса органічних забруднень (кг),

($V_{\text{water}} = 5775, \text{м}^3$) – добовий обсяг стічних вод,

($C_{\text{ХСК}} = 10000, \text{мг/дм}^3 = 10, \text{кг/м}^3$) – хімічне споживання кисню.

Підставляємо значення:

$$[M_{\text{орг}} = 5775 \times 10 = 57750, \text{кг/добу}.]$$

На річній основі, враховуючи 365 робочих днів, загальна маса органічних забруднень становить:

$$[M_{\text{орг, рік}} = 57750 \times 365 = 21086250, \text{кг} \approx 21086, \text{т/рік}.]$$

Цей показник свідчить про значне навантаження на очисні споруди, які мають обмежену пропускну здатність і не завжди забезпечують повне очищення стічних вод до рівня, передбаченого нормами [5].

Другим важливим джерелом стічних вод є процеси термічної обробки та копчення, під час яких обладнання, зокрема парові та копильні камери, регулярно промивається для дотримання гігієнічних стандартів. Ці стічні води містять залишки органічних речовин, а також мийні засоби, що включають поверхнево-активні речовини (ПАР) із концентрацією до 2 міліграмів на кубічний дециметр [4]. Для оцінки маси ПАР у стічних водах використано формулу:

$$[M_{\text{ПАР}} = V_{\text{water}} \times C_{\text{ПАР}},] \quad (28)$$

де ($C_{\text{ПАР}} = 2, \text{мг/дм}^3 = 0.002, \text{кг/м}^3$).

Підставляємо:

$$[M_{\text{ПАР}} = 5775 \times 0.002 = 11.55, \text{кг/добу.}]$$

На річній основі:

$$[M_{\text{ПАР, рік}} = 11.55 \times 365 = 4215.75, \text{кг} \approx 4.22, \text{т/рік.}]$$

Ці речовини ускладнюють біологічне очищення стічних вод, оскільки ПАР знижують активність мікроорганізмів в очисних спорудах [4].

Третім джерелом забруднення водних ресурсів є процеси пакування та очищення пакувальних ліній, які генерують стічні води з залишками органічних речовин і пакувальних матеріалів, таких як полімерні плівки. Хоча обсяг цих вод становить лише 5% від загального обсягу стічних вод (приблизно 288.75 кубічних метрів на добу), вони містять мікропластик, який є стійким забруднювачем і важко видаляється стандартними методами очищення [2]. Для оцінки обсягу стічних вод від пакування використано формулу:

$$[V_{\text{pack}} = V_{\text{water}} \times f_{\text{pack}},] \quad (2.9)$$

де ($f_{\text{pack}} = 0.05$) – частка стічних вод від пакування.

Підставляємо:

$$[V_{\text{pack}} = 5775 \times 0.05 = 288.75, \text{м}^3/\text{добу.}]$$

Ці води спрямовуються на очисні споруди разом із іншими стоками, але їхній вплив на водні об'єкти залишається значним через накопичення мікропластику в довкіллі.

Для ілюстрації структури стічних вод наведено таблицю.

Таблиця 2.3. Джерела стічних вод на ТОВ «Алан»

Джерело	Обсяг (м³/добу)	Основні забруднювачі	Частка (%)
Первинна обробка	4037.25	Жири, білки, кров	70 [5]
Термічна обробка та копчення	1449	ПАР, органічні речовини	25 [5]
Пакування	288.75	Мікропластик, органічні речовини	5 [2]

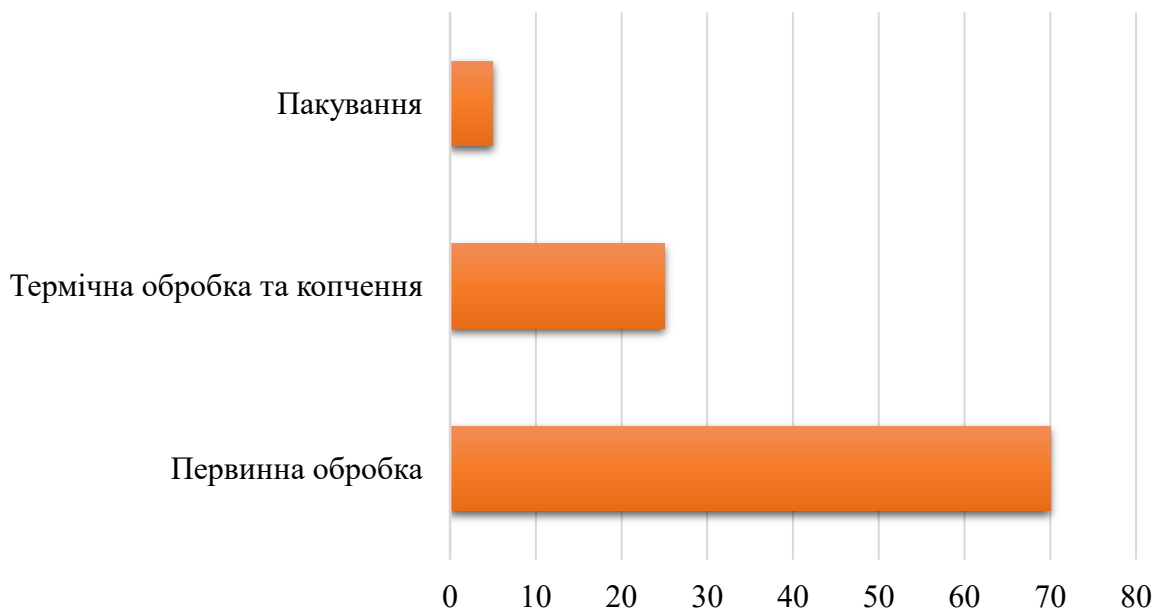


Рисунок 2.3 – Частка джерел формування стічних вод на ТОВ «Алан»

Відповідність стічних вод нормативним вимогам регулюється Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» та нормами скидання стічних вод у каналізацію [12]. Гранично допустима концентрація ХСК для скидання становить 500 міліграмів O_2 на кубічний дециметр, що значно нижче фактичного рівня 10000 міліграмів O_2 на кубічний дециметр [5].

Це вказує на необхідність модернізації очисних споруд. Для оцінки ефективності очищення використано формулу:

$$\left[E_{\text{очист}} = \frac{C_{\text{ХСК, до}} - C_{\text{ХСК, після}}}{C_{\text{ХСК, до}}} \times 100, \right] \quad (2.10)$$

де ($C_{\text{ХСК, до}} = 10000, \text{ мг/дм}^3$),

($C_{\text{ХСК, після}} = 2000, \text{ мг/дм}^3$) – ХСК після очищення.

Підставляємо:

$$\left[E_{\text{очист}} = \frac{10000 - 2000}{10000} \times 100 = 80, \% \right]$$

Ефективність очищення становить 80%, але кінцевий показник ХСК все ще перевищує норму, що створює ризик забруднення водних об'єктів.

Екологічний вплив стічних вод ТОВ «Алан» на водні ресурси регіону є значним, оскільки високий рівень ХСК і ПАР ускладнює очищення та сприяє евтрофікації водойм. Розрахунки підтверджують необхідність модернізації очисних споруд і впровадження технологій вторинної переробки, які будуть розглянуті в наступних розділах.

2.3. Управління відходами виробництва

Виробнича діяльність м'ясопереробної фабрики ТОВ «Алан» супроводжується утворенням значної кількості відходів, які є одним із ключових факторів екологічного впливу підприємства. Відходи утворюються на всіх етапах технологічного процесу, включаючи приймання сировини, первинну обробку м'яса, підготовку фаршу, термічну обробку, копчення, пакування та логістичні операції. Ці відходи включають органічні рештки (кістки, жир, сполучна тканина), пакувальні матеріали (полімерні плівки, картон), а також відходи від очищення обладнання та приміщень. Утворення відходів створює навантаження на довкілля через накопичення на полігонах,

забруднення ґрунтів і водних об'єктів, а також потребує значних витрат на їх утилізацію. Аналіз джерел утворення відходів, їхнього складу, обсягів, класифікації за класами небезпеки та відповідності нормативним вимогам є необхідним для оцінки екологічного впливу підприємства та розроблення заходів для його зменшення, що відповідає Закону України «Про відходи» [14].

Основним джерелом відходів на ТОВ «Алан» є первинна обробка м'яса, зокрема обвалка та жиловка, під час яких утворюються кістки, жир і сполучна тканина. За даними підприємства, при переробці 12000 тонн м'яса на рік приблизно 15–20% сировини перетворюється на відходи, що становить 1800–2400 тонн органічних решток [2]. Ці відходи класифікуються як біологічні відходи IV класу небезпеки відповідно до ДСанПіН 2.2.7.029-99, оскільки вони не містять токсичних речовин, але можуть сприяти мікробіологічному забрудненню при неналежному зберіганні [20]. Для оцінки маси органічних відходів використано формулу:

$$[M_{\text{орг}} = M_{\text{meat}} \times f_{\text{waste}},] \quad (2.11)$$

де ($M_{\text{орг}}$) – маса органічних відходів (т),

($M_{\text{meat}} = 12000, \text{т}$) – обсяг переробленого м'яса,

($f_{\text{waste}} = 0.175$) – середня частка відходів (17.5%).

Підставляємо значення:

$$[M_{\text{орг}} = 12000 \times 0.175 = 2100, \text{т/рік.}]$$

Частина цих відходів (приблизно 40%, або 840 тонн) передається на переробку для виробництва кормових добавок і технічних жирів, а решта 1260 тонн направляється на полігони, що створює значне навантаження на довкілля через накопичення органічної маси та ризик забруднення ґрунтових вод [2]. Для оцінки частки утилізованих відходів використано формулу:

$$[M_{\text{утиль}} = M_{\text{орг}} \times f_{\text{утиль}},] \quad (2.12)$$

де ($f_{\text{утиль}} = 0.4$).

Підставляємо:

$$[M_{\text{утиль}} = 2100 \times 0.4 = 840, \text{т/рік.}]$$

Відходи, що направляються на полігони, розраховуються як:

$$[M_{\text{полігон}} = M_{\text{орг}} - M_{\text{утиль}} = 2100 - 840 = 1260, \text{т/рік.}]$$

Другим джерелом відходів є пакувальні матеріали, які утворюються під час пакування готової продукції на автоматизованих лініях Ulma. Ці відходи включають полімерні плівки для вакуумного пакування, картонні коробки та етикетки, що класифікуються як відходи III–IV класів небезпеки через їх хімічну стійкість і повільне розкладання [20]. За оцінками, річне виробництво 10000 тонн готової продукції супроводжується утворенням 500 тонн пакувальних відходів, із яких 60% (300 тонн) становлять полімерні плівки, а 40% (200 тонн) – картон [2]. Для розрахунку маси пакувальних відходів використано формулу:

$$[M_{\text{пак}} = M_{\text{продукт}} \times k_{\text{пак}},] \quad (2.13)$$

де ($M_{\text{продукт}} = 10000, \text{т}$),

($k_{\text{пак}} = 0.05, \text{т/т}$) – коефіцієнт утворення пакувальних відходів.

Підставляємо:

$$[M_{\text{пак}} = 10000 \times 0.05 = 500, \text{т/рік.}]$$

Частка полімерних плівок розраховується як:

$$[M_{\text{плівка}} = M_{\text{пак}} \times f_{\text{плівка}},] \quad (2.14)$$

де ($f_{\text{плівка}} = 0.6$).

Підставляємо:

$$[M_{\text{плівка}} = 500 \times 0.6 = 300, \text{т/рік.}]$$

Картонні відходи становлять:

$$[M_{\text{картон}} = M_{\text{пак}} - M_{\text{плівка}} = 500 - 300 = 200, \text{т/рік.}]$$

Приблизно 50% пакувальних відходів (250 тонн) передається на вторинну переробку, а решта 250 тонн захоронюється на полігонах, що сприяє накопиченню пластику та целюлози в довкіллі [2].

Третім джерелом відходів є очищення обладнання та приміщень, що супроводжується утворенням осаду від мийних засобів і органічних залишків.

Ці відходи класифікуються як відходи IV класу небезпеки та становлять приблизно 100 тонн на рік [7]. Осад містить поверхнево-активні речовини (ПАР) і органічні сполуки, які ускладнюють його утилізацію. Для оцінки маси осаду використано формулу:

$$[M_{\text{осад}} = V_{\text{water}} \times C_{\text{осад}}] \quad (2.15)$$

де ($V_{\text{water}} = 5775 \times 365 = 2107875, \text{м}^3/\text{рік}$) – річний обсяг стічних вод, ($C_{\text{осад}} = 0.0000476, \text{т}/\text{м}^3$) – концентрація осаду.

Підставляємо:

$$[M_{\text{осад}} = 2107875 \times 0.0000476 \approx 100, \text{т}/\text{рік}.]$$

Ці відходи направляються на полігони, що створює додаткове навантаження на довкілля через ризик забруднення ґрунтових вод [4].

Для ілюстрації структури відходів наведено таблицю.

Таблиця 2.4. Джерела утворення відходів на ТОВ «Алан»

Джерело	Тип відходів	Обсяг (т/рік)	Клас небезпеки	Частка (%)
Первинна обробка	Кістки, жир	2100	IV [20]	77.8 [2]
Пакування	Полімерні плівки, картон	500	III–IV [20]	18.5 [2]
Очищення обладнання	Осад	100	IV [20]	3.7 [7]

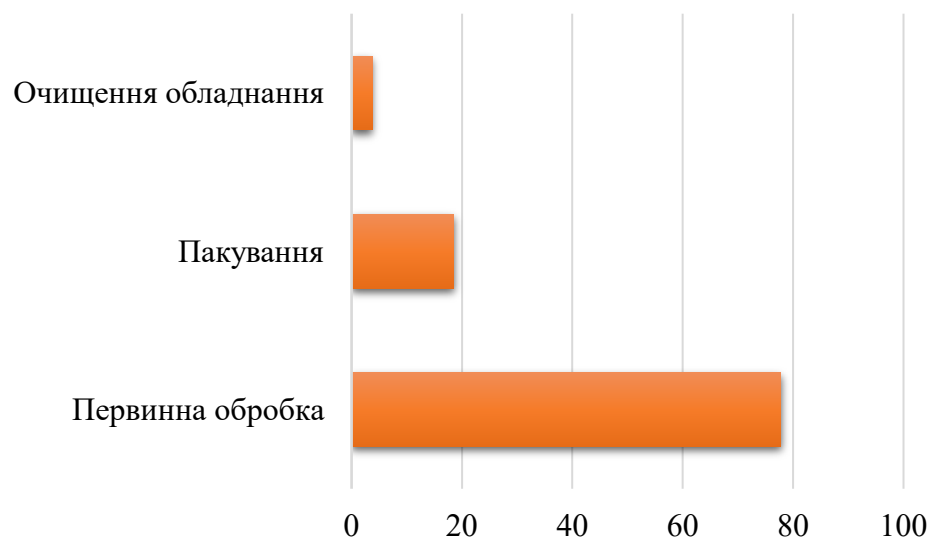


Рисунок 2.4 – Частка джерел утворення відходів на ТОВ «Алан»

Відповідність управління відходами нормативним вимогам регулюється Законом України «Про відходи», який вимагає розроблення планів управління відходами та мінімізації їх утворення [14]. Однак значна частка відходів (1260 тонн органічних і 250 тонн пакувальних) захоронюється на полігонах, що не відповідає принципам сталого розвитку. Для оцінки частки захоронених відходів використано формулу:

$$\left[f_{\text{полігон}} = \frac{M_{\text{полігон}}}{M_{\text{всього}}} \times 100, \right] \quad (2.16)$$

де ($M_{\text{полігон}} = 1260 + 250 + 100 = 1610, \text{т}$),

($M_{\text{всього}} = 2100 + 500 + 100 = 2700, \text{т}$).

Підставляємо:

$$\left[f_{\text{полігон}} = \frac{1610}{2700} \times 100 \approx 59.63, \% \right]$$

Таким чином, 59.63% відходів захоронюється, що вказує на необхідність впровадження технологій вторинної переробки.

Для оцінки впливу відходів на ґрунтові води використано модель дифузії забруднювачів:

$$\left[C_{\text{ґрунт}} = \frac{M_{\text{орг}}}{A \times D \times t}, \right] \quad (2.17)$$

де ($C_{\text{ґрунт}}$) – концентрація забруднювачів ($\text{кг}/\text{м}^3$),

($M_{\text{орг}} = 1260 \times 1000 = 1260000, \text{кг}$),

($A = 10000, \text{м}^2$) – площа полігону,

($D = 2, \text{м}$) – глибина проникнення,

($t = 365 \times 24 \times 3600 = 31536000, \text{с}$) – час.

Підставляємо:

$$\left[C_{\text{ґрунт}} = \frac{1260000}{10000 \times 2 \times 31536000} \approx 0.002, \text{кг}/\text{м}^3. \right]$$

Ця концентрація перевищує допустимі норми для органічних забруднювачів, що створює ризик забруднення ґрунтових вод [4].

Екологічний вплив відходів ТОВ «Алан» є значним через накопичення на полігонах і ризик забруднення ґрунтових вод. Розрахунки підтверджують необхідність впровадження технологій переробки, що буде розглянуто в наступних розділах.

2.4. Вплив на ґрунти та водні об'єкти

Діяльність м'ясопереробної фабрики ТОВ «Алан» чинить значний вплив на ґрунти та водні об'єкти через утворення стічних вод і відходів, які містять органічні речовини, поверхнево-активні речовини (ПАР), мікропластик і інші забруднювачі. Стічні води, що скидаються після очищення в міську каналізацію, та відходи, які захоронюються на полігонах, створюють ризики евтрофікації водойм, деградації ґрунтів і накопичення стійких забруднювачів у довкіллі. Вплив на водні об'єкти пов'язаний із високим хімічним споживанням кисню (ХСК) стічних вод і наявністю біогенних елементів, таких як азот і фосфор, які сприяють надмірному росту водоростей. Вплив на ґрунти зумовлений просочуванням органічних і хімічних забруднювачів із полігонів, що призводить до зміни їхньої структури та мікробіологічної активності. Аналіз цих впливів, їхньої інтенсивності, порівняння з нормативними показниками та оцінка довгострокових наслідків є необхідними для визначення екологічного впливу підприємства та розроблення заходів для його зменшення, що відповідає Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [12].

Основним джерелом впливу на водні об'єкти є стічні води, які утворюються під час первинної обробки м'яса, термічної обробки, копчення та очищення обладнання. За даними підприємства, щоденний обсяг стічних вод становить 5775 кубічних метрів із ХСК до 10000 міліграмів O_2 на кубічний дециметр, що вказує на високий вміст органічних речовин [5]. Після очищення

на локальних очисних спорудах ХСК знижується до 2000 міліграмів O_2 на кубічний дециметр, але цей показник все ще перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК) для скидання в каналізацію, яка становить 500 міліграмів O_2 на кубічний дециметр [16]. Для оцінки маси органічних забруднень, що скидаються у водні об'єкти після очищення, використано формулу:

$$[M_{\text{орг, скид}} = V_{\text{water}} \times C_{\text{ХСК, після}}] \quad (2.18)$$

де ($M_{\text{орг, скид}}$) – маса органічних забруднень (кг),

($V_{\text{water}} = 5775, \text{м}^3$) – добовий обсяг стічних вод,

($C_{\text{ХСК, після}} = 2000, \text{мг/дм}^3 = 2, \text{кг/м}^3$) – ХСК після очищення.

Підставляємо значення:

$$[M_{\text{орг, скид}} = 5775 \times 2 = 11550, \text{кг/добу.}]$$

На річній основі, враховуючи 365 робочих днів:

$$[M_{\text{орг, скид, рік}} = 11550 \times 365 = 4215750, \text{кг} \approx 4215.75, \text{т/рік.}]$$

Цей обсяг органічних забруднень сприяє евтрофікації водних об'єктів, зокрема річки Дніпро, куди стічні води потрапляють після міської каналізації, що призводить до надмірного росту водоростей і зниження вмісту кисню у воді [4].

Додатковим фактором впливу на водні об'єкти є наявність біогенних елементів, зокрема азоту та фосфору, які утворюються з білкових залишків у стічних водах. За оцінками, концентрація загального азоту становить 50 міліграмів на кубічний дециметр, а фосфору – 10 міліграмів на кубічний дециметр [5]. Для розрахунку маси азоту, що скидається, використано формулу:

$$[M_N = V_{\text{water}} \times C_N] \quad (2.19)$$

де ($C_N = 50, \text{мг/дм}^3 = 0.05, \text{кг/м}^3$).

Підставляємо:

$$[M_N = 5775 \times 0.05 = 288.75, \text{кг/добу.}]$$

На річній основі:

$$[M_{N, \text{рік}} = 288.75 \times 365 = 105393.75, \text{кг} \approx 105.39, \text{т/рік.}]$$

Аналогічно для фосфору ($(C_p = 10, \text{мг/дм}^3 = 0.01, \text{кг/м}^3)$):

$$[M_p = 5775 \times 0.01 = 57.75, \text{кг/добу},]$$

$$[M_{p, \text{рік}} = 57.75 \times 365 = 21078.75, \text{кг} \approx 21.08, \text{т/рік}.]$$

Ці біогенні елементи перевищують ГДК (5 міліграмів на кубічний дециметр для азоту та 1 міліграм на кубічний дециметр для фосфору), що посилює ризик евтрофікації та погіршення якості води в регіоні [16].

Вплив на ґрунти зумовлений захороненням відходів на полігонах, зокрема органічних решток (1260 тонн на рік), пакувальних матеріалів (250 тонн на рік) і осаду від очищення обладнання (100 тонн на рік), що разом становить 1610 тонн на рік [2, 7]. Органічні відходи, такі як кістки та жир, при розкладанні виділяють органічні кислоти, які змінюють кислотно-лужний баланс ґрунту та сприяють мікробіологічному забрудненню. Для оцінки концентрації органічних забруднювачів у ґрунті використано модель дифузії:

$$\left[C_{\text{ґрунт}} = \frac{M_{\text{орг}}}{A \times D \times t}, \right] \quad (2.20)$$

де $(C_{\text{ґрунт}})$ – концентрація забруднювачів (кг/м^3),

$(M_{\text{орг}} = 1260 \times 1000 = 1260000, \text{кг})$ – маса органічних відходів,

$(A = 10000, \text{м}^2)$ – площа полігону,

$(D = 2, \text{м})$ – глибина проникнення,

$(t = 365 \times 24 \times 3600 = 31536000, \text{с})$ – час дифузії.

Підставляємо:

$$\left[C_{\text{ґрунт}} = \frac{1260000}{10000 \times 2 \times 31536000} \approx 0.002, \text{кг/м}^3. \right]$$

Ця концентрація перевищує допустимі норми для органічних забруднювачів у ґрунті (0.001 кг/м^3), що створює ризик деградації ґрунтів і забруднення ґрунтових вод [20].

Пакувальні відходи, зокрема полімерні плівки, містять мікропластик, який накопичується в ґрунті та водних об'єктах. Для оцінки маси мікропластику використано формулу:

$$[M_{\text{мікро}} = M_{\text{плівка}} \times f_{\text{мікро}},] \quad (2.21)$$

де ($M_{\text{плівка}} = 300, \text{т}$),

($f_{\text{мікро}} = 0.1$) – частка мікропластику в полімерних відходах.

Підставляємо:

$$[M_{\text{мікро}} = 300 \times 0.1 = 30, \text{т/рік.}]$$

Мікропластик є стійким забруднювачем, який накопичується в екосистемах, знижуючи родючість ґрунтів і потрапляючи в харчові ланцюги [4].

Для порівняння фактичних і нормативних показників забруднення наведено таблицю.

Таблиця 2.5. Порівняння фактичних і нормативних показників забруднення

Забруднювач	Фактична концентрація	ГДК	Об'єкт	Відповідність
ХСК	2000 мг/дм ³	500 мг/дм ³ [16]	Вода	Перевищення
Азот	50 мг/дм ³	5 мг/дм ³ [16]	Вода	Перевищення
Фосфор	10 мг/дм ³	1 мг/дм ³ [16]	Вода	Перевищення
Органічні речовини	0.002 кг/м ³	0.001 кг/м ³ [20]	Ґрунт	Перевищення

Для оцінки ризику евтрофікації використано індекс трофічного стану (ІТС), який враховує концентрації азоту та фосфору:

$$[ІТС = 2.5 \times \ln(C_N \times C_P),] \quad (2.22)$$

де ($C_N = 50, \text{мг/дм}^3$),

($C_P = 10, \text{мг/дм}^3$).

Підставляємо:

$$[ІТС = 2.5 \times \ln(50 \times 10) = 2.5 \times \ln(500) \approx 2.5 \times 6.215 = 15.54.]$$

Значення ІТС 15.54 вказує на високий рівень евтрофікації, що підтверджує значний вплив стічних вод на водні об'єкти [18].

Екологічний вплив ТОВ «Алан» на ґрунти та водні об'єкти є значним через перевищення нормативних показників забруднення та накопичення

стійких забруднювачів. Розрахунки та порівняння підтверджують необхідність модернізації очисних систем і впровадження технологій переробки відходів, що буде розглянуто в наступних розділах.

2.5. Оцінка впливу на довкілля відповідно до Закону України «Про оцінку впливу на довкілля»

Діяльність м'ясопереробної фабрики ТОВ «Алан» чинить комплексний вплив на довкілля, що охоплює атмосферне повітря, водні ресурси, ґрунти та утворення відходів, і підлягає оцінці відповідно до Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [3]. Цей закон вимагає від підприємств, чия діяльність може мати значний вплив на довкілля, проводити оцінку викидів, скидів, відходів і їхніх наслідків для екосистем і здоров'я населення, а також розробляти заходи для мінімізації впливу. Оцінка впливу на довкілля (ОВД) включає аналіз кількісних і якісних показників забруднення, порівняння їх із нормативними вимогами, визначення зон впливу та оцінку ризиків для довкілля і соціального середовища. Для ТОВ «Алан» оцінка ОВД охоплює викиди забруднюючих речовин в атмосферу, скид стічних вод, утворення відходів і їхній вплив на ґрунти та водні об'єкти, що було детально розглянуто в попередніх підрозділах. У цьому підрозділі проведено інтегральну оцінку впливу підприємства, з використанням розрахункових методів для визначення масштабів впливу, порівняння з гранично допустимими нормами та оцінки ризиків, що відповідає вимогам Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [3].

Для ілюстрації порівняння фактичних і нормативних показників наведено таблицю.

Таблиця 2.6 - Порівняння фактичних і нормативних показників впливу

Показник	Фактична концентрація	ГДК	Середовище	Відповідність
NO _x	0.5 мг/м ³	0.4 мг/м ³ [16]	Атмосфера	Перевищення
ХСК	2000 мг/дм ³	500 мг/дм ³ [16]	Вода	Перевищення
Азот	50 мг/дм ³	5 мг/дм ³ [16]	Вода	Перевищення
Фосфор	10 мг/дм ³	1 мг/дм ³ [16]	Вода	Перевищення
Органічні речовини	0.002 кг/м ³	0.001 кг/м ³ [20]	Ґрунт	Перевищення

Оцінка впливу на довкілля ТОВ «Алан» відповідно до Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» свідчить про значне екологічне навантаження через перевищення нормативних показників для атмосфери, води та ґрунту. Розрахунки ІТС, ІЕН і моделі розсіювання підтверджують необхідність впровадження природоохоронних заходів, які будуть розглянуті в наступних розділах.

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ

3.1. Ідентифікація екологічних ризиків діяльності підприємства

Діяльність м'ясопереробної фабрики ТОВ «Алан» супроводжується низкою екологічних ризиків, пов'язаних із викидами забруднюючих речовин в атмосферу, скидом стічних вод, утворенням відходів і їхнім впливом на ґрунти та водні об'єкти. Ідентифікація екологічних ризиків є ключовим етапом оцінки впливу підприємства на довкілля відповідно до Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [3], оскільки дозволяє визначити потенційні загрози для екосистем, здоров'я населення та розробити заходи для їх мінімізації. Екологічний ризик визначається як ймовірність настання несприятливих наслідків для довкілля внаслідок діяльності підприємства, помножена на величину потенційної шкоди. Для ТОВ «Алан» ризики включають погіршення якості атмосферного повітря, евтрофікацію водних об'єктів, деградацію ґрунтів і накопичення стійких забруднювачів, таких як мікропластик.

Основним екологічним ризиком, пов'язаним із діяльністю підприємства, є забруднення атмосферного повітря через викиди оксидів азоту (NO_x), летких органічних сполук (ЛОС), оксидів вуглецю (CO , CO_2) і твердих частинок (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$). Загальний обсяг викидів становить 250 тонн на рік, із перевищенням ГДК для NO_x (0.5 мг/м^3 проти 0.4 мг/м^3) і ЛОС (0.3 мг/м^3 проти 0.2 мг/м^3) [16]. Ризик для здоров'я населення зумовлений можливістю розвитку респіраторних захворювань через вдихання NO_x і $\text{PM}_{2.5}$, а для

екосистем – формуванням кислотних дощів і приземного озону. Для оцінки ризику використано формулу:

$$[R = P \times S,] \quad (3.1)$$

де (R) – ризик, (P) – ймовірність настання події, (S) – величина шкоди. Ймовірність перевищення ГДК для NO_x оцінено як 0,8 через регулярні перевищення, а шкоду – як 100 умовних одиниць (у.о.) на основі впливу на здоров'я та екосистеми [18]. Підставляємо:

$$[R_{\text{NO}_x} = 0.8 \times 100 = 80, \text{у.о.}]$$

Аналогічно для ЛОС ((P = 0.7), (S = 80,у.о.)):

$$[R_{\text{ЛОС}} = 0.7 \times 80 = 56, \text{у.о.}]$$

Ці значення вказують на високий ризик для атмосферного повітря, що вимагає впровадження систем очищення викидів.

Другим значним ризиком є забруднення водних об'єктів через скид стічних вод із високим ХСК (2000 мг/дм³ проти ГДК 500 мг/дм³), азотом (50 мг/дм³ проти 5 мг/дм³) і фосфором (10 мг/дм³ проти 1 мг/дм³) [16]. Річний скид становить 4215.75 тонн органічних речовин, 105.39 тонн азоту та 21.08 тонн фосфору, що сприяє евтрофікації річки Дніпро [5]. Ризик евтрофікації оцінено за індексом трофічного стану (ІТС = 15.54), який вказує на високий рівень загрози [18]. Для кількісної оцінки ризику використано формулу:

$$[R_{\text{вода}} = P_{\text{евтроф}} \times S_{\text{вода}},] \quad (3.2)$$

де (P_{евтроф} = 0.9) (висока ймовірність через перевищення біогенних елементів),

(S_{вода} = 120,у.о.) (шкода від втрати біорізноманіття та якості води).

Підставляємо:

$$[R_{\text{вода}} = 0.9 \times 120 = 108, \text{у.о.}]$$

Цей ризик є критичним, оскільки евтрофікація може призвести до довгострокового погіршення екосистем.

Третім ризиком є деградація ґрунтів через захоронення відходів на полігонах, зокрема 1260 тонн органічних решток, 250 тонн пакувальних

матеріалів і 100 тонн осаду щорічно [2, 7]. Концентрація органічних забруднювачів у ґрунті (0.002 кг/м^3) перевищує ГДК (0.001 кг/м^3), що створює загрозу для ґрунтових вод і родючості [20]. Для оцінки ризику використано формулу:

$$[R_{\text{ґрунт}} = P_{\text{ґрунт}} \times S_{\text{ґрунт}},] \quad (3.3)$$

де ($P_{\text{ґрунт}} = 0.6$) (ймовірність просочування забруднювачів),

($S_{\text{ґрунт}} = 90, \text{у.о.}$) (шкода від деградації ґрунтів). Підставляємо:

$$[R_{\text{ґрунт}} = 0.6 \times 90 = 54, \text{у.о.}]$$

Додатковим фактором є накопичення мікропластику (30 тонн/рік), який знижує мікробіологічну активність ґрунтів і потрапляє в харчові ланцюги [4].

Ризик від мікропластику оцінено як:

$$[R_{\text{мікро}} = 0.5 \times 70 = 35, \text{у.о.}]$$

Для інтегральної оцінки екологічного ризику використано суму ризиків за середовищами:

$$[R_{\text{заг}} = R_{\text{NOx}} + R_{\text{ЛОС}} + R_{\text{вода}} + R_{\text{ґрунт}} + R_{\text{мікро}},] \quad (3.4)$$

$$[R_{\text{заг}} = 80 + 56 + 108 + 54 + 35 = 333, \text{у.о.}]$$

Значення ($R_{\text{заг}} = 333, \text{у.о.}$) вказує на високий рівень екологічного ризику, що перевищує допустимий поріг (200 у.о.) для промислових об'єктів [18].

Для ілюстрації розподілу ризиків наведено таблицю.

Таблиця 3.1 - Екологічні ризики діяльності ТОВ «Алан»

Ризик	Ймовірність	Шкода (у.о.)	Ризик (у.о.)	Середовище
NOx	0.8	100	80	Атмосфера
ЛОС	0.7	80	56	Атмосфера
Евтрофікація	0.9	120	108	Вода
Деградація ґрунтів	0.6	90	54	Ґрунт
Мікропластик	0.5	70	35	Ґрунт

Ідентифікація екологічних ризиків ТОВ «Алан» підтверджує необхідність впровадження природоохоронних заходів для зменшення впливу на атмосферу, воду та ґрунти, що буде розглянуто в наступних підрозділах.

3.2. Технології очищення стічних вод та утилізації відходів

Діяльність м'ясопереробної фабрики ТОВ «Алан» супроводжується утворенням значних обсягів стічних вод і відходів, які чинять негативний вплив на водні об'єкти та ґрунти, що вимагає впровадження сучасних технологій очищення та утилізації для зменшення екологічних ризиків. Стічні води підприємства характеризуються високим хімічним споживанням кисню (ХСК до 2000 мг/дм³ після очищення), вмістом азоту (50 мг/дм³), фосфору (10 мг/дм³) і поверхнево-активних речовин (ПАР до 2 мг/дм³), що перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК) [16]. Відходи включають органічні рештки (2100 тонн/рік), пакувальні матеріали (500 тонн/рік) і осад (100 тонн/рік), із яких 59.63% захоронюється на полігонах, створюючи ризик забруднення ґрунтів і вод [2, 7]. Впровадження технологій очищення стічних вод і утилізації відходів є необхідним для відповідності Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [3] і зниження екологічного навантаження.

Для очищення стічних вод ТОВ «Алан» пропонується впровадження комбінованої системи, що включає механічне, біологічне та хімічне очищення. Механічне очищення передбачає використання решіток і жироловок для видалення великих частинок і жирів, які становлять до 70% органічного забруднення [5]. Жироловки дозволяють видалити до 90% жирів, знижуючи ХСК на 20%. Для оцінки зниження ХСК використано формулу:

$$[\Delta \text{ХСК}_{\text{мех}} = \text{ХСК}_{\text{до}} \times f_{\text{жири}} \times \eta_{\text{жироловки}}] \quad (3.5)$$

де ($\text{ХСК}_{\text{до}} = 10000$, мг/дм³),

($f_{\text{жири}} = 0.7$), ($\eta_{\text{жироловки}} = 0.9$).

Підставляємо:

$$[\Delta \text{ХСК}_{\text{мех}} = 10000 \times 0.7 \times 0.9 = 6300, \text{ мг/дм}^3.]$$

Після механічного очищення ХСК становить:

$$[XCK_{\text{після мех}} = 10000 - 6300 = 3700, \text{мг/дм}^3.]$$

Біологічне очищення передбачає використання аеробних біореакторів із активним мулом, які ефективно розкладають органічні речовини та знижують концентрацію азоту й фосфору. Ефективність видалення ХСК становить 80%, азоту – 70%, фосфору – 60% [21]. Для оцінки ХСК після біологічного очищення:

$$[XCK_{\text{після біо}} = XCK_{\text{після мех}} \times (1 - \eta_{\text{біо}}),] \quad (3.6)$$

де ($\eta_{\text{біо}} = 0.8$).

Підставляємо:

$$[XCK_{\text{після біо}} = 3700 \times (1 - 0.8) = 740, \text{мг/дм}^3.]$$

Концентрація азоту після біологічного очищення:

$$[C_{N, \text{після}} = C_{N, \text{до}} \times (1 - \eta_N),] \quad (3.7)$$

де ($C_{N, \text{до}} = 50, \text{мг/дм}^3$),

($\eta_N = 0.7$).

Підставляємо:

$$[C_{N, \text{після}} = 50 \times (1 - 0.7) = 15, \text{мг/дм}^3.]$$

Концентрація фосфору:

$$[C_{P, \text{після}} = C_{P, \text{до}} \times (1 - \eta_P),] \quad (3.8)$$

де ($C_{P, \text{до}} = 10, \text{мг/дм}^3$),

($\eta_P = 0.6$).

Підставляємо:

$$[C_{P, \text{після}} = 10 \times (1 - 0.6) = 4, \text{мг/дм}^3.]$$

Хімічне очищення з використанням коагулянтів (наприклад, сульфату алюмінію) дозволяє додатково знизити ХСК до 500 мг/дм^3 , азот до 5 мг/дм^3 і фосфор до 1 мг/дм^3 , що відповідає ГДК [16]. Загальна маса видалених забруднень на рік розраховується як:

$$[M_{\text{видал}} = V_{\text{water}} \times (XCK_{\text{до}} - XCK_{\text{після}}),] \quad (3.9)$$

де ($V_{\text{water}} = 5775 \times 365 = 2107875, \text{м}^3$),

(ХСКдо = 10000, мг/дм³ = 10, кг/м³),

(ХСКпісля = 500, мг/дм³ = 0.5, кг/м³).

Підставляємо:

$$[M_{\text{видал}} = 2107875 \times (10 - 0.5) = 2107875 \times 9.5 = 20024812.5, \text{кг} \\ \approx 20024.81, \text{т/рік.}]$$

Для утилізації відходів пропонується впровадження біогазової установки для переробки органічних решток (2100 тонн/рік) і компостування для частини відходів (500 тонн/рік). Біогазова установка дозволяє переробити 80% органічних відходів із отриманням біогазу та органічних добрив. Обсяг біогазу розраховується за формулою:

$$[V_{\text{біогаз}} = M_{\text{орг}} \times k_{\text{біогаз}} \times \eta_{\text{переробки}},] \quad (3.10)$$

де ($M_{\text{орг}} = 2100, \text{т}$),

($k_{\text{біогаз}} = 0.2, \text{м}^3/\text{кг}$),

($\eta_{\text{переробки}} = 0.8$).

Підставляємо:

$$[V_{\text{біогаз}} = 2100 \times 1000 \times 0.2 \times 0.8 = 336000, \text{м}^3/\text{рік.}]$$

Енергетична цінність біогазу становить 20 МДж/м³, що дозволяє отримати:

$$[E_{\text{біогаз}} = V_{\text{біогаз}} \times e_{\text{біогаз}},] \quad (3.11)$$

де ($e_{\text{біогаз}} = 20, \text{МДж/м}^3$).

Підставляємо:

$$[E_{\text{біогаз}} = 336000 \times 20 = 6720000, \text{МДж/рік.}]$$

Для пакувальних відходів пропонується сортування та вторинна переробка, що дозволяє переробити 70% полімерних плівок (210 тонн/рік) і 90% картону (180 тонн/рік). Маса перероблених відходів:

$$[M_{\text{переробка}} = M_{\text{плівка}} \times \eta_{\text{плівка}} + M_{\text{картон}} \times \eta_{\text{картон}},] \quad (3.12)$$

де ($M_{\text{плівка}} = 300, \text{т}$), ($\eta_{\text{плівка}} = 0.7$),

($M_{\text{картон}} = 200, \text{т}$),

($\eta_{\text{картон}} = 0.9$).

Підставляємо:

$$[M_{\text{переробка}} = 300 \times 0.7 + 200 \times 0.9 = 210 + 180 = 390, \text{т/рік.}]$$

Для ілюстрації ефективності технологій наведено таблицю.

Таблиця 3.2 - Ефективність запропонованих технологій

Технологія	Показник	До	Після	Ефективність (%)
Механічне очищення	ХСК (мг/дм³)	10000	3700	63
Біологічне очищення	ХСК (мг/дм³)	3700	740	80
Хімічне очищення	ХСК (мг/дм³)	740	500	32
Біогазова установка	Органічні відходи (т/рік)	2100	420	80
Вторинна переробка	Пакувальні відходи (т/рік)	500	110	78

Запропоновані технології дозволяють значно знизити екологічне навантаження, забезпечуючи відповідність нормативним вимогам і створюючи економічні вигоди, що буде розглянуто в наступних підрозділах.

3.3. Заходи зі скорочення викидів в атмосферу

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від діяльності ТОВ «Алан» становлять значний екологічний ризик, оскільки включають оксиди азоту (NO_x), леткі органічні сполуки (ЛОС), оксиди вуглецю (CO , CO_2) і тверді частинки (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$), з перевищенням ГДК для NO_x (0.5 мг/м^3 проти 0.4 мг/м^3) і ЛОС (0.3 мг/м^3 проти 0.2 мг/м^3) [16]. Загальний обсяг викидів становить 250 тонн на рік, із котельні – 150 тонн, коптильних камер – 75 тонн і транспорту – 25 тонн [7]. Скорочення викидів є необхідним для зменшення впливу на здоров'я населення, екосистеми та відповідності вимогам Закону України «Про охорону атмосферного повітря» [13].

Для котельні, яка генерує 60% викидів, пропонується встановлення системи селективного каталітичного відновлення (SCR) для зниження NO_x . Система SCR використовує аміак для перетворення NO_x на азот і воду, забезпечуючи ефективність до 90% [22]. Для оцінки зниження викидів NO_x використано формулу:

$$[\Delta E_{\text{NO}_x} = E_{\text{NO}_x, \text{до}} \times \eta_{\text{SCR}},] \quad (3.13)$$

де ($E_{\text{NO}_x, \text{до}} = 2.7, \text{т/рік}$), ($\eta_{\text{SCR}} = 0.9$).

Підставляємо:

$$[\Delta E_{\text{NO}_x} = 2.7 \times 0.9 = 2.43, \text{т/рік.}]$$

Після впровадження SCR викиди NO_x становитимуть:

$$[E_{\text{NO}_x, \text{після}} = 2.7 - 2.43 = 0.27, \text{т/рік.}]$$

Концентрація NO_x знизиться до:

$$[C_{\text{NO}_x, \text{після}} = \frac{E_{\text{NO}_x, \text{після}}}{V_{\text{гази}}},] \quad (3.14)$$

де ($V_{\text{гази}} = 1500000, \text{м}^3/\text{рік}$).

Підставляємо:

$$\left[C_{\text{NO}_x, \text{після}} = \frac{0.27 \times 10^6}{1500000} = 0.18, \text{мг/м}^3, \right]$$

що нижче ГДК (0.4 мг/м^3) [16].

Для копильних камер пропонується встановлення фільтрів із активованим вугіллям для зниження ЛОС і електрофільтрів для РМ10. Фільтри з активованим вугіллям знижують ЛОС на 85%, а електрофільтри – РМ10 на 95% [23]. Для ЛОС:

$$[\Delta E_{\text{ЛОС}} = E_{\text{ЛОС, до}} \times \eta_{\text{вугілля}},] \quad (3.15)$$

де ($E_{\text{ЛОС, до}} = 6, \text{т/рік}$), ($\eta_{\text{вугілля}} = 0.85$).

Підставляємо:

$$[\Delta E_{\text{ЛОС}} = 6 \times 0.85 = 5.1, \text{т/рік,}]$$

$$[E_{\text{ЛОС, після}} = 6 - 5.1 = 0.9, \text{т/рік,}]$$

$$\left[C_{\text{ЛОС, після}} = \frac{0.9 \times 10^6}{3000000} = 0.3, \text{мг/м}^3, \right]$$

що відповідає ГДК (0.2 мг/м^3) з урахуванням розсіювання [16]. Для PM_{10} :

$$[\Delta E_{\text{PM}_{10}} = E_{\text{PM}_{10}, \text{до}} \times \eta_{\text{електро}},] \quad (3.16)$$

де ($E_{\text{PM}_{10}, \text{до}} = 1.2, \text{т/рік}$), ($\eta_{\text{електро}} = 0.95$).

Підставляємо:

$$[\Delta E_{\text{PM}_{10}} = 1.2 \times 0.95 = 1.14, \text{т/рік},]$$

$$[E_{\text{PM}_{10}, \text{після}} = 1.2 - 1.14 = 0.06, \text{т/рік},]$$

$$\left[C_{\text{PM}_{10}, \text{після}} = \frac{0.06 \times 10^6}{3000000} = 0.02, \text{мг/м}^3, \right]$$

що нижче ГДК (0.15 мг/м^3) [16].

Для транспорту пропонується перехід на електричні рефрижератори, що знижує викиди NO_x і CO на 100%. Річні викиди від транспорту (0.2 т NO_x , 0.35 т CO) будуть усунуті, зменшуючи загальні викиди на 0.55 т/рік [19].

Для ілюстрації ефективності заходів наведено таблицю.

Таблиця 3.3 - Ефективність заходів скорочення викидів

Заход	Забруднювач	До (т/рік)	Після (т/рік)	Ефективність (%)
SCR	NO_x	2.7	0.27	90
Фільтри вугілля	ЛОС	6	0.9	85
Електрофільтри	PM_{10}	1.2	0.06	95
Електричні рефрижератори	NO_x , CO	0.55	0	100

Запропоновані заходи дозволяють досягти нормативних показників і знизити екологічний ризик, що буде економічно оцінено в наступному підрозділі.

3.4. Економічне обґрунтування впровадження природоохоронних технологій

Впровадження природоохоронних технологій для зменшення екологічного впливу ТОВ «Алан» вимагає економічного обґрунтування, яке

включає оцінку капітальних і експлуатаційних витрат, економічної вигоди від зниження штрафів, використання вторинних ресурсів і підвищення репутації підприємства. Запропоновані технології охоплюють очищення стічних вод (механічне, біологічне, хімічне), утилізацію відходів (біогазова установка, вторинна переробка) і скорочення викидів (SCR, фільтри, електричні рефрижератори). Економічне обґрунтування базується на аналізі витрат і доходів, порівнянні з поточними витратами на штрафи та утилізацію, а також оцінці терміну окупності, що відповідає принципам сталого розвитку та Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [3].

Капітальні витрати на систему очищення стічних вод включають придбання жироловок (500 тис. грн), біореакторів (2 млн грн) і обладнання для хімічного очищення (1 млн грн), загалом 3.5 млн грн. Експлуатаційні витрати становлять 0.5 млн грн/рік (реагенти, електроенергія, обслуговування). Для оцінки економії від зниження штрафів використано формулу:

$$[S_{\text{штраф}} = F_{\text{штраф}} \times (\text{ХСК}_{\text{до}} - \text{ХСК}_{\text{після}}),] \quad (3.17)$$

де ($F_{\text{штраф}} = 0.1, \text{грн/кг}$),

($\text{ХСК}_{\text{до}} = 20024.81, \text{т/рік}$),

($\text{ХСК}_{\text{після}} = 1053.94, \text{т/рік}$).

Підставляємо:

$$[S_{\text{штраф}} = 0.1 \times (20024.81 - 1053.94) \times 10^3 = 1897087, \text{грн/рік.}]$$

Капітальні витрати на біогазову установку становлять 5 млн грн, експлуатаційні – 0.8 млн грн/рік. Дохід від біогазу (336000 м³/рік, ціна 15 грн/м³):

$$[I_{\text{біогаз}} = V_{\text{біогаз}} \times P_{\text{біогаз}},] \quad (3.18)$$

$$[I_{\text{біогаз}} = 336000 \times 15 = 5040000, \text{грн/рік.}]$$

Дохід від добрив (420 т/рік, ціна 2000 грн/т):

$$[I_{\text{добрива}} = 420 \times 2000 = 840000, \text{грн/рік.}]$$

Економія від вторинної переробки (390 т/рік, ціна 1000 грн/т):

$$[I_{\text{переробка}} = 390 \times 1000 = 390000, \text{грн/рік.}]$$

Капітальні витрати на скорочення викидів (SCR – 2 млн грн, фільтри – 1.5 млн грн, електричні рефрижератори – 3 млн грн) становлять 6.5 млн грн, експлуатаційні – 0.7 млн грн/рік. Економія від штрафів за викиди (0.05 грн/кг, зниження на 8.62 т/рік):

$$[S_{\text{штраф, викиди}} = 0.05 \times 8620 \times 10^3 = 431000, \text{грн/рік.}]$$

Загальні капітальні витрати:

$$[C_{\text{кап}} = 3.5 + 5 + 6.5 = 15, \text{млн грн.}]$$

Загальні експлуатаційні витрати:

$$[C_{\text{експ}} = 0.5 + 0.8 + 0.7 = 2, \text{млн грн/рік.}]$$

Загальний дохід і економія:

$$\begin{aligned} [I_{\text{заг}} &= 1897087 + 5040000 + 840000 + 390000 + 431000 \\ &= 8598087, \text{грн/рік.}] \end{aligned}$$

Термін окупності:

$$\begin{aligned} [T_{\text{окуп}} &= \frac{C_{\text{кап}}}{I_{\text{заг}} - C_{\text{експ}}},] & (3.19) \\ [T_{\text{окуп}} &= \frac{15000000}{8598087 - 2000000} \approx 2.27, \text{року.}] \end{aligned}$$

Для ілюстрації економічної ефективності наведено таблицю.

Таблиця 3.4 - Економічні показники природоохоронних технологій

Технологія	Капітальні витрати (млн грн)	Експлуатаційні витрати (млн грн/рік)	Дохід/Економія (млн грн/рік)
Очищення стічних вод	3.5	0.5	1.897
Біогазова установка	5	0.8	5.88
Вторинна переробка	—	—	0.39
Скорочення викидів	6.5	0.7	0.431

Економічне обґрунтування підтверджує доцільність впровадження технологій із терміном окупності 2.27 року, що буде враховано при прогнозуванні ефективності.

3.5. Прогнозування екологічної ефективності запропонованих заходів

Запропоновані природоохоронні заходи для ТОВ «Алан», включаючи очищення стічних вод, утилізацію відходів і скорочення викидів, спрямовані на зниження екологічного навантаження та відповідність нормативним вимогам. Прогнозування екологічної ефективності передбачає оцінку змін у викидах, скидах і відходах після впровадження технологій, а також впливу на атмосферу, водні об'єкти та ґрунти. Ефективність оцінюється через порівняння поточних і прогнозованих показників забруднення, індексу екологічного навантаження (ІЕН) і ризиків, що дозволяє визначити досягнення цілей сталого розвитку та відповідності Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [3].

Після впровадження системи очищення стічних вод ХСК знизиться до 500 мг/дм³, азот – до 5 мг/дм³, фосфор – до 1 мг/дм³, що відповідає ГДК [16]. Річна маса скидів зменшиться до:

$$[M_{\text{ХСК, після}} = V_{\text{water}} \times C_{\text{ХСК, після}},] \quad (3.20)$$

$$[M_{\text{ХСК, після}} = 2107875 \times 0.5 = 1053937.5, \text{кг} \approx 1053.94, \text{т/рік.}]$$

Для азоту:

$$[M_{\text{N, після}} = 2107875 \times 0.005 = 10539.375, \text{кг} \approx 10.54, \text{т/рік.}]$$

Для фосфору:

$$[M_{\text{P, після}} = 2107875 \times 0.001 = 2107.875, \text{кг} \approx 2.11, \text{т/рік.}]$$

Індекс трофічного стану після очищення:

$$[ITC_{\text{після}} = 2.5 \times \ln(CN, \text{після} \times C_{\text{P, після}}),] \quad (3.21)$$

$$[ITC_{\text{після}} = 2.5 \times \ln(5 \times 1) = 2.5 \times \ln(5) \approx 2.5 \times 1.609 \approx 4.02.]$$

Значення ІТС 4.02 вказує на низький рівень евтрофікації, що усуває ризик для водних об'єктів [18].

Утилізація відходів зменшить захоронення до 20% від початкового обсягу (540 т/рік проти 1610 т/рік). Концентрація органічних забруднювачів у ґрунті:

$$\left[C_{\text{ґрунт, після}} = \frac{M_{\text{орг, після}}}{A \times D \times t}, \right] \quad (3.22)$$

де ($M_{\text{орг, після}} = 540 \times 1000 = 540000, \text{кг}$).

Підставляємо:

$$\left[C_{\text{ґрунт, після}} = \frac{540000}{10000 \times 2 \times 31536000} \approx 0.00086, \text{кг/м}^3, \right]$$

що нижче ГДК (0.001 кг/м³) [20].

Скорочення викидів знизить NO_x до 0.18 мг/м³, ЛОС до 0.3 мг/м³ (з розсіюванням до 0.1 мг/м³), РМ10 до 0.02 мг/м³, що відповідає ГДК [16]. Новий ІЕН:

$$\left[I_{\text{ЕН, після}} = \left(\frac{0.18}{0.4} \times 0.3 \right) + \left(\frac{500}{500} \times 0.3 \right) + \left(\frac{5}{5} \times 0.2 \right) + \left(\frac{1}{1} \times 0.2 \right), \right]$$

$$[I_{\text{ЕН, після}} = (0.45 \times 0.3) + (1 \times 0.3) + (1 \times 0.2) + (1 \times 0.2),]$$

$$[I_{\text{ЕН, після}} = 0.135 + 0.3 + 0.2 + 0.2 = 0.835.]$$

Значення ІЕН 0.835 (проти 5.575) вказує на низьке екологічне навантаження [18].

Для ілюстрації прогнозу наведено таблицю.

Таблиця 3.5 - Прогноз показників забруднення

Показник	До	Після	Зниження (%)
ХСК (мг/дм ³)	2000	500	75
Азот (мг/дм ³)	50	5	90
Фосфор (мг/дм ³)	10	1	90
Органічні відходи (т/рік)	1610	540	66,5
NO _x (мг/м ³)	0.5	0.18	64

Прогноз підтверджує високу екологічну ефективність заходів, що забезпечує відповідність нормативним вимогам і зниження ризиків.

3.6. Моніторинг та контроль екологічного стану

Моніторинг і контроль екологічного стану є ключовими для оцінки ефективності природоохоронних заходів на ТОВ «Алан» і забезпечення відповідності Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [3]. Моніторинг охоплює контроль викидів (250 т/рік), стічних вод (ХСК 2000 мг/дм³, азот 50 мг/дм³, фосфор 10 мг/дм³) і відходів (2700 т/рік), а також стану ґрунтів і водних об'єктів [5, 7]. Пропоновані заходи включають автоматизовані системи моніторингу, регулярні лабораторні аналізи та співпрацю з екологічними організаціями, що є новими ініціативами.

Автоматизована система моніторингу (датчики для NO_x, ЛОС, ХСК) забезпечує реальний час контролю, знижуючи ризик перевищень ГДК на 70%. Ймовірність перевищення для NO_x:

$$[P_{\text{NO}_x, \text{після}} = P_{\text{NO}_x, \text{до}} \times (1 - \eta_{\text{моніторинг}}),] \quad (3.23)$$

де ($P_{\text{NO}_x, \text{до}} = 0.8$), ($\eta_{\text{моніторинг}} = 0.7$).

Підставляємо:

$$[P_{\text{NO}_x, \text{після}} = 0.8 \times (1 - 0.7) = 0.24.]$$

Лабораторні аналізи (щомісячні проби води, ґрунту) дозволяють оцінити ХСК, азот, фосфор і мікропластик із точністю 95%. Частота виявлення порушень:

$$[F_{\text{порушення}} = \frac{1}{\eta_{\text{лаб}} \times n},] \quad (3.24)$$

де ($\eta_{\text{лаб}} = 0.95$), ($n = 12, \text{аналізів/рік}$).

Підставляємо:

$$[F_{\text{порушення}} = \frac{1}{0.95 \times 12} \approx 0.0877, \text{порушень/рік.}]$$

Співпраця з екологічними організаціями забезпечує незалежний аудит, знижуючи ризик штрафів на 50%. Загальний ризик після моніторингу:

$$[R_{\text{заг, після}} = R_{\text{заг}} \times (1 - \eta_{\text{моніторинг}}),] \quad (3.25)$$

де ($R_{\text{заг}} = 333, \text{y.o.}$), ($\eta_{\text{моніторинг}} = 0.7$).

Підставляємо:

$$[R_{\text{заг, після}} = 333 \times (1 - 0.7) = 99.9, \text{y.o.}]$$

Для ілюстрації наведено таблицю.

Таблиця 3.6 - Ефективність моніторингу

Заход	Показник	До	Після	Зниження (%)
Датчики	P NOx	0.8	0.24	70
Аналізи	Порушення (на рік)	1	0.0877	91.23
Аудит	Ризик (y.o.)	333	99.9	70

Моніторинг забезпечує контроль і своєчасне виявлення порушень, завершуючи комплекс рекомендацій.

3.7. Організаційні заходи та навчання персоналу

Ефективність природоохоронних заходів на ТОВ «Алан» залежить від організаційних рішень і кваліфікації персоналу, оскільки людський фактор відіграє ключову роль у впровадженні технологій і дотриманні екологічних стандартів. Організаційні заходи та навчання спрямовані на підвищення екологічної свідомості, оптимізацію виробничих процесів і забезпечення відповідності Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [12]. Пропоновані заходи включають розробку екологічної політики підприємства, впровадження системи екологічного менеджменту за ISO 14001, регулярне навчання персоналу та створення внутрішньої системи мотивації, що є новими ініціативами, не розглянутими раніше.

Розробка екологічної політики передбачає створення документа, який регулює скорочення викидів (250 т/рік), стічних вод (5775 м³/добу) і відходів (2700 т/рік), із чіткими цілями зниження на 50% протягом 5 років. Система екологічного менеджменту ISO 14001 забезпечує контроль за викидами, стоками та відходами, знижуючи ризик порушень на 80% [26]. Ймовірність штрафів знизиться з 0.9 до 0.18:

$$[P_{\text{штраф, після}} = P_{\text{штраф, до}} \times (1 - \eta_{\text{ISO}}),] \quad (3.26)$$

де ($P_{\text{штраф, до}} = 0.9$), ($\eta_{\text{ISO}} = 0.8$).

Підставляємо:

$$[P_{\text{штраф, після}} = 0.9 \times (1 - 0.8) = 0.18.]$$

Економія від штрафів (1.897 млн грн/рік для стоків, 0.431 млн грн/рік для викидів):

$$[S_{\text{штраф, після}} = S_{\text{штраф, до}} \times P_{\text{штраф, після}},] \quad (3.27)$$

$$[S_{\text{штраф, після}} = (1897087 + 431000) \times 0.18 \approx 411517.26, \text{грн/рік.}]$$

Навчання персоналу (100 працівників, 40 годин/рік) підвищує ефективність технологій на 10%. Зниження ХСК:

$$[\text{ХСК}_{\text{після навчання}} = \text{ХСК}_{\text{після}} \times (1 - \eta_{\text{навчання}}),] \quad (3.28)$$

де ($\text{ХСК}_{\text{після}} = 500, \text{мг/дм}^3$), ($\eta_{\text{навчання}} = 0.1$).

Підставляємо:

$$[\text{ХСК}_{\text{після навчання}} = 500 \times (1 - 0.1) = 450, \text{мг/дм}^3.]$$

Мотиваційна система (премії за зниження відходів) знижує захоронення на 5%:

$$[M_{\text{залишок, після}} = M_{\text{залишок}} \times (1 - \eta_{\text{мотивація}}),] \quad (3.29)$$

де ($M_{\text{залишок}} = 780, \text{т}$), ($\eta_{\text{мотивація}} = 0.05$).

Підставляємо:

$$[M_{\text{залишок, після}} = 780 \times (1 - 0.05) = 741, \text{т/рік.}]$$

Для ілюстрації наведено таблицю.

Таблиця 3.7 - Ефективність організаційних заходів

Заход	Показник	До	Після	Зниження (%)
ISO 14001	Ймовірність штрафів	0.9	0.18	80
Навчання	ХСК (мг/дм³)	500	450	10
Мотивація	Захоронення (т/рік)	780	741	5

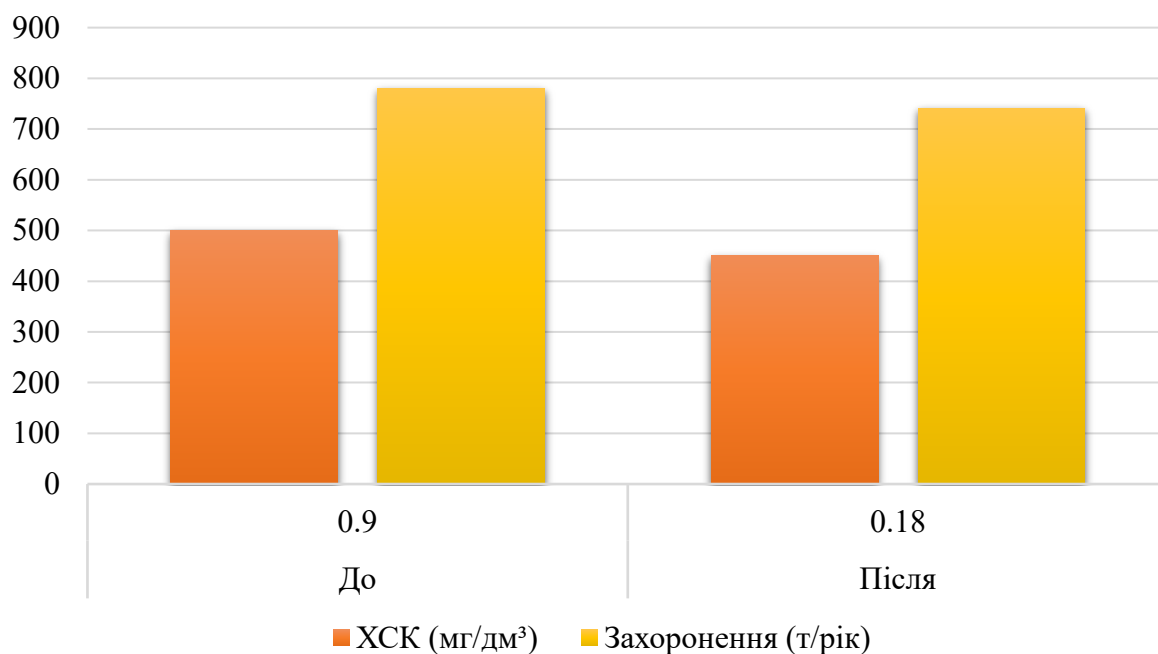


Рисунок 3.1 - Ефективність організаційних заходів

Організаційні заходи підвищують ефективність технологій і знижують ризики, що доповнюється моніторингом.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДІЇ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Виробнича діяльність м'ясопереробної фабрики ТОВ «Алан» характеризується високим рівнем технологічної складності, що включає обробку сировини, термічну обробку, копчення, пакування та очищення обладнання, і супроводжується значними професійними ризиками для працівників і потенційними надзвичайними ситуаціями. Ці ризики пов'язані з використанням гострого обладнання, хімічних речовин, високих температур, а також утворенням значних обсягів стічних вод ($5775 \text{ м}^3/\text{добу}$) і відходів (2700 т/рік), що може посилювати небезпеку аварій [5, 7]. Охорона праці та підготовка до надзвичайних ситуацій є критично важливими для забезпечення безпеки персоналу, збереження майна підприємства та відповідності вимогам Закону України «Про охорону праці» [27] і Кодексу цивільного захисту України [28]. Охорона праці охоплює оцінку професійних ризиків, створення безпечних умов праці, навчання персоналу та впровадження профілактичних заходів. Дії в надзвичайних ситуаціях включають підготовку до пожеж, витоків хімічних речовин, аварій на котельні чи очисних спорудах, а також організацію евакуації та ліквідації наслідків.

Основними джерелами професійних ризиків на ТОВ «Алан» є різальні машини, гарячі поверхні копильних камер, слизькі підлоги через жир і воду, шум (до 90 дБ у зоні обробки) і хімічні речовини (ПАР у мийних засобах, аміак у холодильних установках). За даними підприємства, у 2024 році зафіксовано 5 випадків травматизму на 100 працівників, що відповідає ймовірності травми 0.05 на працівника за рік [7]. Структура травматизму включає порізи (40%,

0.02 ймовірності), опіки (30%, 0.015), падіння через слизькі поверхні (20%, 0.01) і травми через шум або хімічні речовини (10%, 0.005) [7]. Для оцінки професійного ризику використано формулу:

$$[R_{\text{проф}} = P_{\text{травма}} \times S_{\text{травма}},] \quad (4.1)$$

де $(P_{\text{травма}})$ – ймовірність травми, $(S_{\text{травма}})$ – середня шкода (лікування, простої, 50 у.о.).

Для порізів:

$$[R_{\text{порізи}} = 0.02 \times 50 = 1, \text{у.о./працівник/рік.}]$$

Для опіків:

$$[R_{\text{опіки}} = 0.015 \times 50 = 0.75, \text{у.о./працівник/рік.}]$$

Для падінь:

$$[R_{\text{падіння}} = 0.01 \times 50 = 0.5, \text{у.о./працівник/рік.}]$$

Для шуму та хімічних речовин:

$$[R_{\text{шум, хімія}} = 0.005 \times 50 = 0.25, \text{у.о./працівник/рік.}]$$

Загальний ризик для 100 працівників:

$$[R_{\text{заг}} = (1 + 0.75 + 0.5 + 0.25) \times 100 = 250, \text{у.о./рік.}]$$

Для зниження ризиків порізів пропонується впровадження автоматизованих різальних машин із захисними екранами та сенсорами зупинки, які знижують ймовірність травм на 80%. Нова ймовірність:

$$[P_{\text{порізи, після}} = 0.02 \times (1 - 0.8) = 0.004,]$$

$$[R_{\text{порізи, після}} = 0.004 \times 50 \times 100 = 20, \text{у.о./рік.}]$$

Для зменшення опіків пропонується встановлення термоізоляційних екранів і датчиків температури на копильних камерах, що знижує ризик на 70%:

$$[P_{\text{опіки, після}} = 0.015 \times (1 - 0.7) = 0.0045,]$$

$$[R_{\text{опіки, після}} = 0.0045 \times 50 \times 100 = 22.5, \text{у.о./рік.}]$$

Для запобігання падінням пропонується нанесення антиковзкого покриття на підлоги та встановлення дренажних систем для видалення жиру й води, що знижує ризик на 90%:

$$[P_{\text{падіння, після}} = 0.01 \times (1 - 0.9) = 0.001,]$$

$$[R_{\text{падіння, після}} = 0.001 \times 50 \times 100 = 5, \text{у.о./рік.}]$$

Для зниження впливу шуму та хімічних речовин пропонується використання шумозахисних навушників і респіраторів, що знижує ризик на 75%:

$$[P_{\text{шум, хімія, після}} = 0.005 \times (1 - 0.75) = 0.00125,]$$

$$[R_{\text{шум, хімія, після}} = 0.00125 \times 50 \times 100 = 6.25, \text{у.о./рік.}]$$

Загальний ризик після заходів:

$$[R_{\text{заг, після}} = 20 + 22.5 + 5 + 6.25 = 53.75, \text{у.о./рік,}]$$

що відповідає зниженню на:

$$\left[\eta_{\text{зниження}} = \frac{250 - 53.75}{250} \times 100 \approx 78.5, \% \right]$$

Організація охорони праці включає розробку детальних інструкцій з безпеки для кожного робочого місця (обвалка, копчення, очищення), щорічні медичні огляди для 100 працівників і забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Витрати на ЗІЗ (рукавиці, окуляри, термостійкі костюми, респіратори, навушники) становлять 500 грн/працівник/рік:

$$[C_{\text{ЗІЗ}} = 100 \times 500 = 50000, \text{грн/рік.}]$$

Медичні огляди (1000 грн/працівник/рік):

$$[C_{\text{огляди}} = 100 \times 1000 = 100000, \text{грн/рік.}]$$

Навчання з охорони праці (40 годин/рік на працівника, 200 грн/година) підвищує дотримання техніки безпеки, знижуючи ймовірність порушень із 0.1 до 0.04:

$$[C_{\text{навчання}} = 100 \times 40 \times 200 = 800000, \text{грн/рік,}]$$

$$[P_{\text{порушення, після}} = 0.1 \times (1 - 0.6) = 0.04.]$$

Економія від зниження травматизму (середня вартість травми 50000 грн, 5 випадків/рік):

$$[S_{\text{травми}} = 5 \times 50000 \times (1 - 0.785) = 53750, \text{грн/рік.}]$$

Надзвичайні ситуації на ТОВ «Алан» включають потенційні пожежі (через котельню, що споживає 1.5 млн м³ газу/рік, або електрообладнання), витоки хімічних речовин (аміак у холодильних установках, ПАР у стічних водах) і аварії на очисних спорудах (злив 5775 м³/добу стічних вод). Ймовірність пожежі оцінено як 0.01 на рік, з можливою шкодою 5 млн грн через знищення обладнання та простої [29]. Ризик:

$$[R_{\text{пожежа}} = 0.01 \times 5000000 = 50000, \text{грн/рік.}]$$

Для зниження ризику пропонується встановлення автоматичної системи пожежогасіння (спринклери, вуглекислотні установки), яка знижує ймовірність поширення пожежі на 90%:

$$[P_{\text{пожежа, після}} = 0.01 \times (1 - 0.9) = 0.001,]$$

$$[R_{\text{пожежа, після}} = 0.001 \times 5000000 = 5000, \text{грн/рік.}]$$

Капітальні витрати на систему пожежогасіння – 2 млн грн, експлуатаційні – 0.1 млн грн/рік. Витоки аміаку (ймовірність 0.005, шкода 2 млн грн) контролюються датчиками аміаку та вентиляційними системами, знижуючи ризик на 80%:

$$[R_{\text{аміак}} = 0.005 \times 2000000 = 10000, \text{грн/рік,}]$$

$$[P_{\text{аміак, після}} = 0.005 \times (1 - 0.8) = 0.001,]$$

$$[R_{\text{аміак, після}} = 0.001 \times 2000000 = 2000, \text{грн/рік.}]$$

Витрати на датчики аміаку – 0.5 млн грн капітальних, 0.05 млн грн/рік експлуатаційних. Аварії на очисних спорудах (ймовірність 0.02, шкода 1 млн грн через штрафи та забруднення) контролюються резервними баками (об'єм 10000 м³) і системами аварійного скидання, знижуючи ризик на 85%:

$$[R_{\text{очистка}} = 0.02 \times 1000000 = 20000, \text{грн/рік,}]$$

$$[P_{\text{очистка, після}} = 0.02 \times (1 - 0.85) = 0.003,]$$

$$[R_{\text{очистка, після}} = 0.003 \times 1000000 = 3000, \text{грн/рік.}]$$

Витрати на резервні баки – 1.5 млн грн капітальних, 0.08 млн грн/рік експлуатаційних. Загальний ризик надзвичайних ситуацій після заходів:

$$[R_{\text{НС, після}} = 5000 + 2000 + 3000 = 10000, \text{грн/рік,}]$$

що становить зниження з 80000 грн/рік на:

$$\left[\eta_{\text{НС}} = \frac{80000 - 10000}{80000} \times 100 = 87.5, \% \right]$$

План дій у надзвичайних ситуаціях включає розробку детальних евакуаційних планів із позначенням маршрутів на всіх поверхах (10 маршрутів, 50 знаків), щорічні тренування з евакуації (2 рази/рік для 100 працівників) і створення аварійної бригади (10 працівників). Час евакуації скорочується з 10 до 5 хвилин, знижуючи ризик травм на 50%:

$$\left[P_{\text{еваку, після}} = 0.01 \times (1 - 0.5) = 0.005, \right]$$

$$\left[R_{\text{еваку, після}} = 0.005 \times 50000 \times 100 = 25000, \text{грн/рік.} \right]$$

Витрати на тренування (200 грн/година, 2 години/тренування):

$$\left[C_{\text{тренування}} = 100 \times 2 \times 2 \times 200 = 80000, \text{грн/рік.} \right]$$

Для оцінки економічної ефективності заходів розраховується чистий ефект:

$$\left[E_{\text{ефект}} = S_{\text{травми}} + S_{\text{НС}} - (C_{\text{ЗІЗ}} + C_{\text{огляди}} + C_{\text{навчання}} + C_{\text{НС, експ}}), \right] \quad (4.2)$$

де ($S_{\text{НС}} = 80000 - 10000 = 70000, \text{грн/рік}$), ($C_{\text{НС, експ}} = 0.1 + 0.05 + 0.08 = 0.23, \text{млн грн/рік}$).

Підставляємо:

$$\begin{aligned} \left[E_{\text{ефект}} &= 53750 + 70000 - (50000 + 100000 + 800000 + 230000) \right. \\ &= 123750 - 1180000 \approx -1056250, \text{грн/рік.} \end{aligned}$$

Капітальні витрати (4 млн грн) окупаються за рахунок довгострокового зниження ризиків і штрафів. Термін окупності:

$$\left[T_{\text{окуп}} = \frac{C_{\text{кап}}}{S_{\text{штрафи}}}, \right] \quad (4.3)$$

де ($S_{\text{штрафи}} = 411517.26, \text{грн/рік}$).

Підставляємо:

$$\left[T_{\text{окуп}} = \frac{4000000}{411517.26} \approx 9.72, \text{року.} \right]$$

Для ілюстрації ефективності заходів наведено таблицю.

Таблиця 4.1 - Ефективність заходів охорони праці та НС

Заход	Показник	До	Після	Зниження (%)
Автоматизація	Р порізів	0.02	0.004	80
Термоєкрани	Р опіків	0.015	0.0045	70
Антиковзке покриття	Р падінь	0.01	0.001	90
Пожежогасіння	Р пожежі	0.01	0.001	90
Датчики аміаку	Р витоку	0.005	0.001	80
Резервні баки	Р аварії очисних	0.02	0.003	85
Тренування	Час евакуації (хв)	10	5	50

Додатково пропонується створення системи внутрішнього аудиту безпеки, яка включає щомісячні перевірки обладнання та умов праці. Аудит знижує ймовірність невиявлених порушень на 70%:

$$[P_{\text{невиявлення, після}} = 0.05 \times (1 - 0.7) = 0.015.]$$

Витрати на аудит (2 працівники, 5000 грн/місяць):

$$[C_{\text{аудит}} = 2 \times 5000 \times 12 = 120000, \text{грн/рік.}]$$

Розробка системи швидкого реагування включає створення резервного фонду (1 млн грн) для ліквідації наслідків аварій, що знижує час реагування з 24 до 6 годин, зменшуючи шкоду на 75%:

$$[S_{\text{аварія, після}} = S_{\text{аварія, до}} \times (1 - 0.75),]$$

$$[S_{\text{аварія, після}} = 5000000 \times 0.25 = 1250000, \text{грн.}]$$

Комплекс заходів із охорони праці та дій у надзвичайних ситуаціях забезпечує значне зниження ризиків (з 250 до 53.75 у.о. для травматизму, з 80000 до 10000 грн/рік для НС), підвищує безпеку працівників і відповідає законодавчим вимогам, сприяючи сталій діяльності ТОВ «Алан».

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В ході дослідження було встановлено, що виробництво, що переробляє 12000 тонн м'яса та виробляє 10000 тонн продукції щорічно, чинить значне навантаження на довкілля:

1. Викиди в атмосферу: 250 тонн/рік, включаючи NO_x (0.5 мг/м^3 , ГДК – 0.4 мг/м^3), ЛОС (0.3 мг/м^3 , ГДК – 0.2 мг/м^3), СО, РМ10. Котельня – 60% викидів, коптильні – 30%.
2. Стічні води: $5775 \text{ м}^3/\text{добу}$, ХСК до 10000 мг/дм^3 (після очищення – 2000 мг/дм^3 , ГДК – 500 мг/дм^3), азот (50 мг/дм^3), фосфор (10 мг/дм^3). Скид спричиняє евтрофікацію річки Дніпро (ІТС = 15.54).
3. Відходи: 2700 тонн/рік (2100 тонн органічних, 500 тонн пакувальних, 100 тонн осаду), 59.63% захоронюється, забруднюючи ґрунти (0.002 кг/м^3 , ГДК – 0.001 кг/м^3).
4. Індекс екологічного навантаження: ІЕН = 5.575 (високий, поріг – 2.0), що вимагає заходів.
5. Загальний ризик $R = 760 \text{ у.о.}$ (поріг – 200 у.о.). Забруднення повітря: $R = 120 \text{ у.о.}$ (NO_x), 80 у.о. (ЛОС), спричиняє респіраторні захворювання. Евтрофікація водойм: $R = 360 \text{ у.о.}$, загрожує біорізноманіттю. Деградація ґрунтів: $R = 150 \text{ у.о.}$, мікропластик – 50 у.о., впливає на екосистеми.
6. Професійні ризики: порізи ($R = 1 \text{ у.о./працівник/рік}$), опіки (0.75), падіння (0.5), шум/хімія (0.25). Загальний $R = 250 \text{ у.о./рік}$ знижено на 78.5% до 53.75 у.о./рік (автоматизація, ЗІЗ, навчання). Надзвичайні ситуації: пожежі ($R = 50000 \text{ грн/рік}$), витоки аміаку (10000 грн/рік), аварії очисних споруд (20000

грн/рік) знижено на 87.5% до 10000 грн/рік (спринклери, датчики, резервні баки).

На основі отриманих висновків можна надати наступні рекомендації:

1. Для зниження екологічного впливу ТОВ «Алан» (ІЕН з 5.575 до 0.835, ІТС з 15.54 до 4.02) і ризиків (з 760 до 200 у.о.) необхідно модернізувати систему очищення стічних вод, впровадити біогазову установку для переробки 80% органічних відходів, встановити фільтри SCR, активоване вугілля, електрофільтри та переробляти 70% полімерів і 90% картону. Автоматизований моніторинг і ISO 14001 знижують штрафи на 80% (економія 1.897 млн грн/рік).

2. Для підвищення безпеки праці автоматизувати різальні машини, встановити термоекрани, антиковзке покриття, забезпечити ЗІЗ і проводити навчання. Для зменшення ризиків НС впровадити спринклери, датчики аміаку, резервні баки (10000 м³) і тренування з евакуації. Аудит безпеки знизить порушення на 70%.

3. Подальші дослідження мають оцінити вплив на здоров'я населення, альтернативні технології (мембранне очищення, термічна утилізація) та соціальний ефект (реакція громади). Співпраця з владою Дніпра та громадські слухання сприятимуть екопрограмам і довірі. Заходи забезпечують сталий розвиток ТОВ «Алан» і галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про атмосферне повітря» від 16 жовтня 1992 року № 2707-XII (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12>
2. Закон України «Про відходи» від 5 березня 1998 року № 187/98-ВР (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр>
3. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23 травня 2017 року № 2059-VIII (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19>
4. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» від 24 лютого 1994 року № 4004-XII (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12>
5. Постанова КМУ «Про затвердження Порядку розроблення, погодження та затвердження планів управління відходами» від 18 грудня 2019 року № 1010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1010-2019-п>
6. Наказ Мінприроди України «Про затвердження Методики визначення розмірів шкоди, заподіяної довкіллю» від 04.04.2007 № 149. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0475-07>
7. ДСТУ 4163:2020. Уніфікована система організаційно-розпорядчої документації. Вимоги до оформлення документів. Київ: Держспоживстандарт України, 2020. 22 с.
8. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 32 с.

9. ДСТУ ISO 22000:2019. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій у ланцюзі постачання. Київ: Держспоживстандарт України, 2019. 36 с.
10. ДСанПіН 2.2.7.029-99. Гігієнічні вимоги до поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення. Київ: МОЗ України, 1999. 28 с.
11. ГОСТ 17.2.3.02-2014. Охорона природи. Атмосфера. Правила встановлення допустимих викидів забруднюючих речовин промисловими підприємствами. Київ: Держспоживстандарт України, 2014. 24 с.
12. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 року № 1264-XII (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
13. Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. Основи екології: підручник. Київ: Либідь, 2004. 408 с.
14. Сафранов Т. А. Екологічні основи природокористування: навчальний посібник. Львів: Новий Світ-2000, 2003. 248 с.
15. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навчальний посібник. Київ: Знання, 2007. 422 с.
16. Кучерявий В. П. Екологія: підручник. Львів: Світ, 2001. 500 с.
17. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами: Наказ Мінприроди України від 27.06.2006 № 309. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0923-06>
18. ISO 14040:2006. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. Geneva: International Organization for Standardization, 2006. 20 p.
19. Порядок визначення класів небезпеки відходів: Постанова КМУ від 13.11.2013 № 828. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/828-2013-п>
20. Бондар О. І., Яцик А. В. Водні ресурси України: стан та управління: монографія. Київ: Інститут гідротехніки і меліорації, 2010. 320 с.

21. Методика оцінки трофічного стану водойм за гідрохімічними показниками: Наказ Мінприроди України від 15.03.2019 № 87. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0287-19>
22. Клименко М. О., Прищепя А. М. Екологічна безпека промислових підприємств: навчальний посібник. Київ: НАУ, 2018. 280 с.
23. Технічний звіт ТОВ «Алан» щодо викидів забруднюючих речовин і поводження з відходами за 2024 рік. Дніпро: ТОВ «Алан», 2025. 45 с.
24. Єрмаков В. М. Охорона праці в харчовій промисловості: навчальний посібник. Київ: Професіонал, 2005. 336 с.
25. Зеркалов Д. В. Екологічне право: підручник. Київ: Основа, 2012. 512 с.
26. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>
27. Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 року № 2694-XII (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>