

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ імені С. З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Кафедра *екології та захисту довкілля*

допускається до захисту

« ____ » _____ 2025 р.

Зав. кафедри _____

(підпис)

к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ

наук. ступ., вч. зв. (ініціали та прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему «Оцінка впливу процесів металообробки на довкілля та обґрунтування технологічних заходів із захисту атмосферного повітря на підприємстві «Діскавері-бурове обладнання (Україна)»

Виконав студент групи Еко-62

спеціальності 101 Екологія

Зурабов Сергій-Любомир Гаррійович

Керівник Тетяна ДАЦКО

Консультант Лариса ГОРДІЙЧУК

Дубляни 2025

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет природокористування
Факультет агротехнологій та екології
Кафедра екології
Рівень вищої освіти «Магістр»
Спеціальність 101 «Екологія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри _____

доцент, к.б.н. Петро ХІРІВСЬКИЙ

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту
Зурабову С.-Л. Г.

1. Тема роботи: **«Оцінка впливу процесів металообробки на довкілля та обґрунтування технологічних заходів із захисту атмосферного повітря на підприємстві «Діскавері-бурове обладнання (Україна)»**

Керівник кваліфікаційної роботи: Дацко Тетяна Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Затверджені наказом по університету від 31.12.2024р. № 906/к-с

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 02 грудня 2025 року

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи

Літературні джерела, нормативні документи, методики виконання лабораторних досліджень

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які необхідно розробити)

Вступ

1 Огляд літератури

1.1 Екологічні аспекти промислової діяльності у металообробній галузі

1.2 Джерела та види забруднень, характерні для технологічних процесів металообробки

1.3 Аналіз сучасних технологічних рішень і екологічного менеджменту у машинобудівній промисловості

2 Об'єкт, умови та методика дослідження

2.1 Загальна характеристика підприємства

2.2 Природно-кліматичні та географічні умови району розміщення підприємства

2.3 Методи збору, аналізу й оцінки екологічної інформації

3 Результати дослідження

3.1 Аналіз технологічних процесів та ідентифікація екологічно небезпечних стадій виробництва

3.2 Джерела утворення та кількісний склад забруднюючих речовин у викидах в атмосферу

3.3 Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря

3.4 Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин у приземному шарі повітря

3.5 Оцінка якості та складу стічних вод підприємства

3.6 Аналіз утворення, класифікації та способів поводження з виробничими відходами

3.7 Екологічна оцінка впливу підприємства на довкілля

3.8 Обґрунтування технологічних заходів із захисту атмосферного повітря

4 Охорона праці та захист населення у надзвичайних ситуаціях

4.1 Аналіз умов праці на підприємстві

4.2 Покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки

4.3 Заходи щодо захисту персоналу і населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій

Висновки

Бібліографічний список

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу _____

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3	Дацко Т.М., доцент кафедри екології та захисту довкілля			
4	Гордійчук Л. М., доцент кафедри інженерної механіки			

7. Дата видачі завдання 14 жовтня 2024 р.

Календарний план

№п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Написання вступу та розділу «1 Огляд літератури»	14.10.24-31.03.25
2	Написання розділу «2 Об'єкт, умови та методика дослідження»	01.04.25-31.05.25
3	Написання розділу «3 Результати дослідження»	01.06.25-30.09.25
4	Написання розділу «4 Охорона праці та захист населення у надзвичайних ситуаціях», формулювання висновків, укладання бібліографічного списку	01.10.25-02.12.25

Студент _____ Сергій-Любомир ЗУРАБОВ
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Тетяна ДАЦКО
(підпис)

УДК 504.06:628.5

Оцінка впливу процесів металообробки на довкілля та обґрунтування технологічних заходів із захисту атмосферного повітря на підприємстві «Діскавері-бурове обладнання (Україна)». Зурабов С.-Л. Г. Кваліфікаційна робота. Кафедра екології та захисту довкілля. Дубляни, Львівський НУВМБ ім. С. З. Гжицького, 2025.

75 стор. текст. част., 10 табл., 2 рис., 41 джерело, 4 додатки.

Розглянуто питання впливу технологічних процесів металообробки на стан довкілля. Визначено основні джерела і чинники забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів і утворення відходів у виробничих умовах. Здійснено огляд сучасних технологічних рішень та систем екологічного менеджменту в машинобудівній галузі.

Проведено аналіз технологічних процесів підприємства «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» та визначено основні екологічно небезпечні стадії виробництва. Встановлено перелік забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу, їх кількісний склад і потужність викидів. Виконано розрахунки розсіювання забруднюючих речовин у приземному шарі повітря. Проведено оцінку системи пилогазоочищення на підприємстві. Обґрунтовано відповідність розміру санітарно-захисної зони підприємства екологічним нормативам. Визначено недоліки у системі водопостачання та водовідведення. Проаналізовано обсяги утворення відходів, наведено шляхи їх утилізації та знешкодження. Розроблено комплекс технологічних заходів із зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, удосконалення систем пилогазоочищення, оптимізації водоспоживання та поліпшення поводження з відходами.

Розроблено питання охорони праці та цивільного захисту на підприємстві «Діскавері-бурове обладнання (Україна)».

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	9
1.1 Екологічні аспекти промислової діяльності у металообробній галузі.....	9
1.2 Джерела та види забруднень, характерні для технологічних процесів металообробки.....	11
1.3 Особливості утворення та складу промислових відходів і стічних вод у металообробному виробництві.....	14
1.4 Аналіз сучасних технологічних рішень і екологічного менеджменту у машинобудівній промисловості.....	16
2 ОБ'ЄКТ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ	20
2.1 Загальна характеристика підприємства «Діскавері-бурове обладнання (Україна)»	20
2.2 Природно-кліматичні та географічні умови району розміщення підприємства.....	23
2.3 Методи збору, аналізу й оцінки екологічної інформації.....	27
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	29
3.1 Аналіз технологічних процесів та ідентифікація екологічно небезпечних стадій виробництва.....	29
3.2 Джерела утворення та кількісний склад забруднюючих речовин у викидах в атмосферу.....	31
3.3 Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.....	35
3.4 Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин у приземному шарі повітря.....	36
3.5 Оцінка якості та складу стічних вод підприємства.....	39
3.6 Аналіз утворення, класифікації та способів поводження з виробничими відходами.....	42

3.7 Екологічна оцінка впливу підприємства на довкілля.....	46
3.8 Обґрунтування технологічних заходів із захисту атмосферного повітря.....	49
3.8.1 Аналіз існуючої системи очищення повітря.....	50
3.8.2 Пропоновані технологічні рішення.....	54
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	58
4.1 Аналіз умов праці на підприємстві та виявлення потенційно небезпечних факторів.....	58
4.2 Покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки на підприємстві «Діскавері-бурове обладнання (Україна)»	60
4.3 Заходи щодо захисту персоналу і населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій.....	63
ВИСНОВКИ.....	66
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	68
ДОДАТКИ.....	72

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку промисловості України характеризується активним упровадженням технологій металообробки, які є основою для виготовлення обладнання, машин, бурових установок та інших видів техніки, необхідної для енергетичного, транспортного і будівельного секторів [27, 33]. Водночас із підвищенням технологічного рівня виробництв посилюється і техногенне навантаження на навколишнє природне середовище. Металообробні підприємства належать до категорії об'єктів, діяльність яких супроводжується утворенням значних обсягів газопилових викидів, стічних вод, твердих відходів і шумового забруднення [18, 30, 31]. Це визначає необхідність глибокої екологічної оцінки таких процесів та розроблення ефективних технологічних рішень для зменшення їхнього впливу на довкілля.

Проблема забруднення атмосферного повітря промисловими викидами є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності [40, 41]. Викиди оксидів азоту, сірки, вуглецю, пилу металів та інших сполук зумовлюють погіршення стану атмосферного повітря, негативно впливають на здоров'я населення та змінюють фізико-хімічний баланс екосистем [2, 4, 11, 29]. Особливу небезпеку становлять дрібнодисперсні частинки, які утворюються під час шліфування, зварювання, різання металів, а також випари мастильно-охолоджувальних рідин. Не менш актуальними є питання очищення стічних вод, які утворюються під час промивання деталей, гальванічних процесів, знежирення й охолодження обладнання. Вони часто містять токсичні сполуки (нафтопродукти, кислоти, луги, іони важких металів тощо) і без належної очистки становлять загрозу для водних ресурсів [18, 21].

Згідно з національними екологічними стратегіями України та вимогами Європейського Союзу, підприємства мають впроваджувати системи екологічного менеджменту, що базуються на принципах раціонального використання природних ресурсів і запобігання забрудненню довкілля на джерелі його утворення [32, 33]. Саме тому оцінка впливу виробничої

діяльності металообробного підприємства на навколишнє середовище та розроблення заходів із захисту атмосферного повітря є актуальним і практично вагомим завданням.

Підприємство «Діскавері-бурове обладнання (Україна)», розташоване у місті Стрий Львівської області, є одним із провідних виробників бурового та нафтового обладнання. Виробничий процес включає різноманітні операції з механічної, термічної та поверхневої обробки металів, що супроводжуються викидами забруднюючих речовин у повітря, утворенням промислових відходів та стічних вод. Це обумовлює необхідність комплексної оцінки екологічних аспектів діяльності підприємства, виявлення основних джерел негативного впливу на навколишнє середовище та обґрунтування технологічних рішень для мінімізації шкідливих викидів.

Мета дослідження – оцінити вплив процесів металообробки на стан довкілля та обґрунтувати ефективні технологічні заходи із захисту атмосферного повітря на підприємстві «Діскавері-бурове обладнання (Україна)».

Для досягнення мети роботи передбачено виконання таких **завдань**:

- проаналізувати літературні джерела щодо впливу металообробних підприємств на навколишнє середовище;
- охарактеризувати природно-кліматичні та виробничі умови функціонування підприємства;
- здійснити ідентифікацію екологічно небезпечних стадій технологічного процесу;
- виявити основні види та джерела забруднення атмосферного повітря, стічних вод і промислових відходів;
- оцінити якість атмосферного повітря, стічних вод і поводження з відходами на підприємстві;
- провести розрахунки обсягів викидів забруднюючих речовин та їх розсіювання у приземному шарі повітря;
- розробити й обґрунтувати технологічні заходи із захисту атмосферного

повітря та зменшення техногенного навантаження на довкілля.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси металообробки, що здійснюються на підприємстві «Діскавері-бурове обладнання (Україна)».

Предмет дослідження – екологічні аспекти впливу цих процесів на стан атмосферного повітря, водних ресурсів і системи поводження з відходами.

Методи дослідження включають аналітичний (опрацювання наукової літератури, нормативних документів, екологічних звітів підприємства), експериментальний (збір і аналіз проб повітря та води), розрахунковий (визначення обсягів викидів і моделювання їхнього розсіювання), статистичний та порівняльний методи. Комплексне застосування цих підходів дозволяє отримати достовірну екологічну оцінку впливу підприємства.

Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості використання запропонованих рішень для зниження рівня забруднення атмосферного повітря, удосконалення систем очищення газів і вентиляції, оптимізації поводження зі стічними водами та промисловими відходами, підвищення екологічної безпеки виробництва на підприємстві «Діскавері-бурове обладнання (Україна)».

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Екологічні аспекти промислової діяльності у металообробній галузі

Металообробна галузь є фундаментальною ланкою економіки, забезпечуючи виробництво високотехнологічного обладнання, та тісно пов'язана з машинобудівною галуззю. Металообробна промисловість також є однією з провідних галузей національної економіки, оскільки забезпечує виробництво деталей, машин, механізмів, інструментів і обладнання для майже всіх сфер господарської діяльності. Вона відіграє ключову роль у розвитку енергетики, будівництва, транспорту та оборонного комплексу [28]. Проте з екологічного погляду металообробка належить до технологічно складних і потенційно небезпечних виробництв, діяльність яких супроводжується значним впливом на довкілля [30, 31].

Екологічні аспекти діяльності таких підприємств зумовлені їх територіальним розміщенням та концентрацією. У глобальному масштабі машинобудування та металообробка історично концентрувалися у високоіндустріалізованих регіонах – Західній Європі, США, Японії, а останнім часом – у Китаї та Південно-Східній Азії [38]. Така територіальна концентрація у великих промислових вузлах є причиною надзвичайно високого техногенного навантаження на довкілля цих зон. Нагромадження джерел викидів в атмосферу (зокрема, летких сполук органічної природи, пилу, аерозолів тощо), значні обсяги промислових стоків, а також утворення великої кількості відходів, включно з небезпечними (відпрацьовані мастила, лаки, фарби, емульсії тощо), призводять до формування небезпечних екологічних ситуацій у густонаселених промислових агломераціях [40, 41].

В Україні машинобудування та металообробка традиційно були зосереджені в індустріальних центрах, таких як Харків, Дніпро, Запоріжжя, Київ та Львів. Це спричинило регіональні дисбаланси в екологічному

навантаженні. Підприємства, які мають глибоку історію, розташовані безпосередньо у межах міської забудови. Вони стають суттєвими чинниками негативного впливу на якість життя населення через підвищені концентрації забруднюючих речовин у приземному шарі повітря та шумове забруднення. Водночас, екологічна безпека функціонування об'єкта у певному регіоні критично залежить від його природно-кліматичних умов. Так, метеорологічні характеристики (напрямок та швидкість вітру, режим опадів, здатність атмосфери до розсіювання) визначають фактичний рівень забруднення у зоні впливу підприємства [19].

Промислова діяльність у галузі металообробки охоплює низку технологічних операцій: токарну, фрезерну, шліфувальну обробку, лиття, зварювання, термічну обробку та нанесення покриттів (гальванічні покриття, фарбування, полірування тощо) [27, 35]. Кожна стадія є джерелом утворення певних видів техногенного навантаження: викидів у атмосферне повітря, стічних вод, твердих відходів, шуму, теплового та електромагнітного випромінювання, що формує комплексний екологічний ризик [21]. Залежно від масштабів виробництва та рівня його технологічного оснащення вплив на навколишнє середовище може бути локальним або поширюватися на значну територію.

Одним із найвагоміших екологічних чинників у металообробній промисловості є забруднення атмосферного повітря. Не менш суттєвим чинником впливу є утворення промислових відходів, частина з яких має токсичні властивості через вміст нафтопродуктів або важких металів [30].

До екологічних аспектів діяльності металообробних підприємств також належить енергоспоживання та викиди парникових газів. Значна частина процесів (зокрема, термічна обробка та робота компресорного обладнання) потребує великої кількості енергії, що призводить до додаткових викидів вуглекислого газу. Перехід на енергоощадне обладнання, впровадження частотних перетворювачів, утилізація тепла відпрацьованих газів є важливими напрямками зменшення енергетичних і кліматичних впливів виробництва [37].

Крім безпосереднього техногенного навантаження, слід враховувати і вторинні екологічні наслідки, пов'язані з транспортуванням, зберіганням і використанням сировини та матеріалів. Зберігання паливно-мастильних речовин, хімічних реагентів і розчинників створює ризики забруднення ґрунтів і підземних вод у разі порушення герметичності ємностей [35]. Неправильне поводження з відходами або відсутність належної системи контролю може призвести до потрапляння токсичних компонентів у природне середовище [31].

Отже, екологічні аспекти промислової діяльності у металообробній галузі охоплюють широкий спектр питань: від забруднення атмосферного повітря та вод до поводження з відходами і раціонального використання ресурсів. Відтак, їх врахування на етапі планування, експлуатації та модернізації підприємств стає головним чинником сталого розвитку промислового виробництва й охорони навколишнього природного середовища.

Таким чином, екологічна проблематика металообробки виходить за рамки локального забруднення. Вона вимагає системного підходу, що поєднує аналіз впливу конкретного технологічного процесу із врахуванням вразливості території розташування.

1.2 Джерела та види забруднень, характерні для технологічних процесів металообробки

Процеси металообробки охоплюють сукупність технологічних операцій, кожна з яких супроводжується утворенням певних забруднюючих речовин і чинників, що впливають на стан довкілля. Основними джерелами забруднення є механічна, термічна, хімічна та фізико-хімічна обробка металів, а також допоміжні процеси (транспортування, зберігання сировини, фарбування, очищення поверхонь і змащення деталей). Кожен етап виробництва характеризується специфічними екологічними наслідками, що залежать від

виду використовуваних матеріалів, типу устаткування, технологічних режимів та рівня організації виробництва [21].

Основні джерела забруднення металообробного виробництва можна поділити на такі групи [18, 30, 31]:

- стаціонарні (зварювальні пости, фарбувальні камери, термічні печі, котельні, вентиляційні установки);
- неорганізовані (викиди під час транспортування, навантаження, очищення поверхонь);
- поверхневі стоки (змиви з промислових майданчиків, складів, зон зберігання палива тощо);
- побічні джерела (шум, вібрація, теплові та електромагнітні поля).

Найбільш поширеним видом забруднення у металообробній промисловості є викиди шкідливих речовин в атмосферу. Під час механічної обробки металів, а саме – токарної, фрезерної, шліфувальної, свердлильної, розточувальної – утворюється пил різної дисперсності. Його основними компонентами є частинки металів (заліза, міді, нікелю, цинку, свинцю), оксиди металів і згорілі залишки мастильно-охолоджувальних рідин [27]. У процесах термічної обробки (гартування) забруднення формуються за рахунок продуктів неповного згоряння палива (природного газу) – чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO₂), оксиди азоту (NO_x) і вуглеводні [35].

Значні викиди в атмосферу спостерігаються також при зварюванні металів. У результаті утворюються зварювальні аерозолі, дим, оксиди заліза, марганцю, фтору, а також озон й оксид азоту [21]. У процесах фарбування та сушіння деталей у повітря надходять леткі органічні сполуки (ксілол, толуол, ацетон, етанол тощо), що спричиняють формування фотохімічного смогу та мають токсичний вплив на організм людини [11].

Не менш небезпечними є дифузні джерела викидів, які виникають при транспортуванні сипких матеріалів, завантаженні металевих заготовок, очищенні поверхонь піском. При цьому частинки утвореного пилу містять важкі метали й абразивні домішки, що можуть осідати на ґрунтах і потрапляти

у водойми з поверхневим стоком [19].

Другим за масштабами видом забруднення є скидання забруднених стічних вод. Вони утворюються в результаті охолодження верстатів і деталей, миття обладнання, проведення гальванічних і хімічних процесів, знежирення та фосфатування металевих поверхонь тощо [27]. До складу таких вод входять нафтопродукти, поверхнево-активні речовини, емульговані мастила, кислоти (сірчана, азотна, хлоридна), луки, солі важких металів (міді, цинку, хрому, нікелю, заліза), а також завислі речовини [32].

Без належного очищення перелічені компоненти спричиняють деградацію водних екосистем, зміну показника біохімічного споживання кисню, утворення токсичних сполук і нагромадження металів у донних відкладах [30]. Особливо небезпечними є сполуки шестивалентного хрому, які навіть у малих концентраціях мають канцерогенний ефект [11].

У процесі металообробки формується широкий спектр твердих і рідких промислових відходів. До них належать металева стружка, шлами після очищення газів і води, шліфувальний пил, використані мастильно-охолоджувальні рідини, зношені абразивні матеріали, фільтри, контейнери з-під хімічних реагентів [21]. Частина відходів має токсичні властивості, оскільки містить залишки нафтопродуктів або важких металів. Такі матеріали відносять до небезпечних і вони потребують спеціального збирання, зберігання й утилізації [32].

Окрім забруднення повітря, води й утворення відходів, металообробні підприємства чинять акустичне та вібраційне навантаження на довкілля [30]. Робота пресів, компресорів, вентиляційних систем і металорізального обладнання створює підвищений рівень шуму, який може перевищувати гранично допустимі норми та негативно впливати на стан здоров'я працівників і жителів прилеглих територій. Вібрація й електромагнітні поля від електроустаткування також становлять небезпечні виробничі фактори [1, 20].

У деяких випадках спостерігається теплове забруднення, що виникає

при експлуатації термічних печей, сушильних камер, компресорних установок. Викиди теплого повітря та води змінюють мікроклімат у виробничих і прилеглих зонах, впливаючи на місцеві екосистеми [38].

Таким чином, характер і кількість забруднень залежать від типу виробництва, його масштабу, тривалості технологічних операцій, рівня механізації, а також ефективності систем очищення.

1.3 Особливості утворення та складу промислових відходів і стічних вод у металообробному виробництві

Металообробне виробництво супроводжується утворенням значної кількості промислових відходів та забруднених стічних вод, які формуються внаслідок різних технологічних операцій. Характер і обсяг цих відходів залежать від типу сировини, виду технологічних процесів, використовуваних реагентів, стану обладнання та рівня впровадження систем ресурсозбереження [21, 37].

Основну частину твердих відходів становить металева стружка, що утворюється під час токарної, фрезерної, свердлильної, шліфувальної та різальних операцій. Стружка може бути залізною, сталевою, алюмінієвою, латунною, мідною або з інших сплавів. Це зумовлює її вторинну цінність. Водночас присутні на ній залишки мастильно-охолоджувальних рідин роблять її пожежонебезпечною та токсичною. Відтак, перед здачею на переробку металеву стружку необхідно піддавати знежиренню або центрифугування для видалення рідких фракцій [27].

Іншим важливим видом відходів є шліфувальні та абразивні залишки, які містять оксиди металів, частинки абразиву, зв'язувальні речовини та мастильні компоненти [35]. Такі відходи часто належать до малонебезпечних, однак при потраплянні в ґрунт або воду вони можуть накопичувати важкі метали. Утилізація шліфувального пилу передбачає його використання як заповнювача в будівельних матеріалах або як компоненту вторинних

абразивів [37].

Гальванічні шлами утворюються внаслідок очищення стічних вод після процесів нанесення покриттів (нікелювання, хромування, цинкування тощо). Ці шлами містять іони важких металів, тому мають токсичні властивості, належать до небезпечних відходів II або III класу безпеки і потребують герметичного зберігання та подальшої передачі на утилізацію або стабілізацію спеціалізованим підприємствам [21].

Крім того, на виробничих дільницях накопичуються відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини, емульсії, фільтри, контейнери з-під хімічних реагентів, фарб, лаків та розчинників [30]. Ускладнює їх переробку змішаний склад. Доцільним є роздільне збирання таких відходів і попереднє зневоднення. Без належної системи утилізації вони стають джерелом вторинного забруднення повітря, ґрунтів і водних об'єктів [31].

У процесі термічної обробки утворюються у невеликих обсягах шлаки, нагар, відпрацьовані фільтри, продукти згоряння. Ці відходи можуть містити оксиди металів і сірку [21].

Стічні води у металообробному виробництві формуються внаслідок охолодження обладнання, миття деталей, гальванічних і термічних процесів, а також при санітарно-побутовому водовідведенні. Мають багатокомпонентний склад з мінеральних, органічних та колоїдних домішок [35].

За походження виділяють кілька типів стічних вод. Механічні стічні води містять частинки металу, абразиву, мастильні домішки, нафтопродукти. Гальванічні стічні води характеризуються високим вмістом солей важких металів, кислот і лугів. Мішаний тип стоків утворюється при митті деталей, промиванні обладнання, поверхонь і підлог у цехах [19].

Основними забруднювачами стічних вод є іони важких металів, нафтопродукти, поверхнево-активні речовини, суспендовані частинки, амоній, фосфати та хлориди [18]. Високий вміст цих речовин змінює кислотно-лужний баланс води, знижує її прозорість і окислювальну здатність, створює токсичні умови для водної флори та фауни [11].

У гальванічних цехах концентрації металів можуть перевищувати гранично допустимі рівні в десятки разів. Наприклад, у стічних водах після хромування вміст іонів Cr^{6+} може досягати 300–400 мг/дм³, що є надзвичайно небезпечним показником [30]. Тому очищення таких вод є обов'язковою умовою екологічної безпеки підприємства.

Найбільшу екологічну небезпеку становлять стічні води та відходи, які містять токсичні й канцерогенні речовини. Потрапляння іонів важких металів до водних об'єктів або ґрунтів призводить до їх накопичення у трофічних ланцюгах і тривалого впливу на живі організми [29]. Відходи, насичені нафтопродуктами та хімічними реагентами, можуть спричиняти вторинне забруднення підземних вод і ґрунтів навіть після тривалого зберігання [4].

Таким чином, у металообробному виробництві формуються різноманітні потоки промислових відходів і стічних вод, які є суттєвим джерелом антропогенного тиску на навколишнє середовище. Їх екологічна небезпека зумовлена складністю хімічного складу та високою концентрацією токсичних компонентів.

1.4 Аналіз сучасних технологічних рішень і екологічного менеджменту у машинобудівній промисловості

Сучасний розвиток машинобудівної та металообробної промисловості відбувається в умовах посилення екологічних вимог, спрямованих на зменшення негативного впливу виробництва на довкілля. Зростання обсягів виробництва, ускладнення технологічних процесів і використання хімічно активних речовин зумовлюють необхідність упровадження інноваційних технологій, покликаних поєднати високу ефективність із мінімізацією екологічних ризиків. Такий підхід реалізується через використання чистих технологій, удосконалення систем очищення викидів і впровадження екологічного менеджменту на підприємствах [32, 33].

Одним із напрямів зменшення забруднення є оптимізація технологічних

процесів, що дозволяє зменшити обсяги утворення відходів і викидів на стадії їх виникнення. На сучасних металообробних підприємствах активно впроваджуються такі технологічні рішення [37, 38]:

- використання безвідходних або маловідходних технологій (точне лиття, штампування, лазерна та плазмова різка металів, які забезпечують мінімальні втрати матеріалу та зменшення кількості стружки);
- застосування водорозчинних мастильно-охолоджувальних рідин, які менш токсичні, не містять хлорованих сполук, легше піддаються біодеградації та не утворюють стійких емульсій у стічних водах;
- використання систем регенерації мастильно-охолоджувальних рідин, що передбачає багаторазове використання охолоджувальних рідин після очищення, та замкнених циклів водопостачання, зменшуючи споживання води;
- впровадження сучасних фільтраційних і газоочисних установок (електрофільтрів, рукавних фільтрів, циклонів, скрубєрів та мокрих пиловловлювачів);
- модернізація термічних процесів (індукційне або вакуумне нагрівання) може суттєво зменшити енергоспоживання та кількість викидів у повітря;
- заміна шкідливих матеріалів екологічно безпечними аналогами (перехід на водорозчинні фарби та лаки, відмова від використання толуол- і ксилолмістких розчинників);
- утилізація теплової енергії від відпрацьованих газів (для опалення цехів або підігріву технологічних ванн).

Сукупність таких рішень формує основу концепції «чистого виробництва» (Cleaner Production), яка спрямована не лише на очищення викидів, а й на попередження їхнього утворення [33]. Застосування цього підходу дає змогу скоротити кількість відходів, зменшити витрати на утилізацію та забезпечити економію ресурсів.

Енергетичний аспект має важливе значення для зменшення техногенного навантаження. На підприємствах машинобудівної галузі значну

частку енергії споживають термічні, компресорні та вентиляційні установки. Сучасна практика передбачає використання частотно-регульованих електроприводів, які автоматично регулюють швидкість двигунів залежно від навантаження, що знижує енергоспоживання на 15-25 % [38].

Дієвим є також впровадження систем енергетичного моніторингу (Energy Management Systems), які дозволяють фіксувати витрати енергії в реальному часі та виявляти неефективні ділянки виробництва [10]. Такий підхід відповідає вимогам стандарту ISO 50001, який активно впроваджується на підприємствах Європейського Союзу.

Раціональне використання матеріальних ресурсів передбачає повторне використання відходів металу, регенерацію мастильних рідин, переробку шламів і фільтраційних залишків, що не лише зменшує навантаження на довкілля, а й має економічну вигоду через скорочення витрат на закупівлю сировини.

Поряд із технічними заходами, дедалі більшого значення набуває екологічне управління (менеджмент). Ця управлінська система охоплює організаційні, адміністративні та технічні рішення для забезпечення екологічної безпеки виробництва. Основу такого підходу становить впровадження міжнародного стандарту ISO 14001 «Environmental Management Systems», який визначає структуру управління природоохоронною діяльністю на підприємстві [33].

Сучасний екологічний менеджмент повинен забезпечувати формування екологічної політики підприємства, ідентифікацію джерел забруднення та оцінку екологічних складових, контроль за виконанням природоохоронних заходів тощо [32]. Ефективність екологічного менеджменту виявляється у скороченні штрафних ризиків, підвищенні конкурентоспроможності продукції, покращенні репутації на ринку, відповідності європейським екологічним нормам тощо.

Одним із найновіших напрямів розвитку машинобудування є цифровізація виробничих процесів (індустрія 4.0), яка відкриває нові

можливості для екологізації промисловості. Використання систем автоматичного контролю параметрів навколишнього середовища, сенсорів для моніторингу викидів і витрат ресурсів дозволяє здійснювати оперативне управління екологічними ризиками [34].

Інтелектуальні системи управління технологічними процесами (Smart Manufacturing) дають змогу оптимізувати використання ресурсів, вчасно виявляти перевищення нормативів якості середовища та реагувати на них [38].

На сучасному етапі стратегічною метою машинобудівних підприємств є перехід від моделі «ліквідації наслідків» до моделі, спрямованої на попередження забруднення. Тут можна виділити використання нанотехнологій для створення зносостійких покриттів, впровадження 3D-друку металів для зниження обсяги відходів, розробка біодеградованих охолоджувальних рідин, використанням відновлюваних джерел енергії тощо [36].

Отже, сучасні технологічні рішення у машинобудівній промисловості та металообробній галузі покликані поєднати виробничу ефективність з екологічною безпекою. Комплексний підхід поєднує технічні, організаційні та управлінські заходи. Застосування маловідходних та безпечних технологій, систем замкненого водопостачання, удосконалення систем очищення, впровадження стандартів екологічного менеджменту та цифрового моніторингу є основою сталого розвитку підприємств. Реалізація цих підходів дозволяє суттєво знизити техногенне навантаження, досягти екологічної безпеки виробництва та забезпечити гармонійне співіснування промисловості з природним середовищем.

2 ОБ'ЄКТ, УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Загальна характеристика підприємства «Діскавері-бурове обладнання (Україна)»

Підприємство «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» – це сучасний виробник металевих конструкцій та обладнання для нафтової, газової й бурової промисловості. Його діяльність поєднує проектування, виготовлення, механічну обробку, складання та сервісне обслуговування бурових механізмів і запасних частин [39].

Підприємство розташоване у місті Стрий Львівської області, що є зручним логістичним центром із розвиненою транспортною інфраструктурою та доступом до трудових і технічних ресурсів.

Основні виробничі потужності розміщені в промисловій зоні міста, на території колишнього відомого Стрийського заводу «Металіст». Підприємство має багаторічний досвід у сфері машинобудування та металообробки. Випуск тут нафтодобувного устаткування розпочався ще у кінці XIX століття, коли англійські підприємці Перкінс і Макінтош організували невелику виробничу майстерню.

Історія розвитку заводу «Металіст», на базі якого нині функціонує підприємство «Діскавері-бурове обладнання (Україна)», відображає еволюцію машинобудівної галузі Західного регіону України – від невеликих ремонтно-виробничих потужностей до багатопрофільного підприємства, здатного забезпечувати повний цикл виготовлення складного бурового та геологорозвідувального обладнання [39].

Територія підприємства включає механоскладальний, термічний, фарбувальний, гальванічний і допоміжні цехи, складські приміщення, адміністративно-побутовий корпус, транспортну ділянку та очисні споруди (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – План-схема розташування окремих виробничих цехів та адміністративних приміщень підприємства

На початку ХХ століття виробнича діяльність заводу «Металіст» мала епізодичний характер. Під час Другої світової війни завод фактично не функціонував, виконуючи лише поодинокі оборонні замовлення – виготовлення скоб, болтів і кріпильних матеріалів для відновлення залізничних колій. Стабільне виробництво було відсутнє. Однак тоді були вже закладені основи технічного та кадрового потенціалу для майбутнього розвитку.

По завершенні війни завод поступово сформував виробничу спеціалізацію у напрямі бурового та геологорозвідувального обладнання: виготовляли бурові установки, допоміжне обладнання для бурових робіт, запасні частини та вузли геологорозвідувальної техніки. У цей період було створено основні цехи, які забезпечували повний технологічний цикл

виробництва, – механоскладальний, механічний, ливарно-ковальський, цех ремонту двигунів і тракторів. Виробничі площі перевищили 12 тис. м².

На початок 1980-х років завод зазнав технологічного підйому, був оснащений верстатами з числовим програмним управлінням, сучасним термічним, гальванічним і зварювальним обладнанням. Це дало можливість виконувати роботи з високою точністю. Асортимент продукції був дуже різноманітним та відзначався високим ступенем технічної складності. Виготовляли автомобільні крани, крани для обслуговування бурового устаткування, бурові установки, транспортні засоби для перевезення бурових бригад, вертлюги-сальники, запасні частини до бурових насосів комплектуючі для кранів і бурових механізмів, а також здійснювали капітальний ремонт двигунів та тракторів.

На кінець ХХ століття асортимент готової продукції розширився завдяки налагодження виробництва елементів бурових систем і комплектуючих для нафтогазової промисловості.

Аналіз історії та асортименту продукції показує, що завод «Металіст» пройшов кілька етапів розвитку – від ремонтного підприємства до сучасного виробника бурового обладнання.

На сьогодні головним напрямом діяльності є виготовлення бурового обладнання, металевих корпусних деталей, вузлів і механізмів, що використовуються в нафтогазовій промисловості. Виробничий процес охоплює повний цикл металообробки – від підготовки сировини до складання готових виробів [39]. До основних технологічних операцій належать: механічна обробка металів (точіння, фрезерування, шліфування, свердління); термічна обробка деталей (гартування); зварювальні та паяльні роботи; очищення, знежирення та фарбування поверхонь; випробування й технічний контроль готової продукції.

Ці процеси супроводжуються утворенням забруднюючих речовин, а також промислових відходів. Саме тому підприємство належить до об'єктів підвищеного екологічного контролю.

Для охолодження обладнання та промивання деталей використовується технічна вода, що надходить із міських комунальних мереж. Водовідведення здійснюється у систему міської каналізації після попереднього очищення на локальних очисних спорудах, де передбачено механічне осадження завислих частинок і знежирення.

Підприємство має дозвільну документацію на викиди забруднюючих речовин в атмосферу, узгоджену відповідно до вимог чинного природоохоронного законодавства України. Ведеться облік утворення та поводження з відходами, паспортизація джерел утворення відходів і контроль за передачею їх на утилізацію спеціалізованим організаціям.

У структурі підприємства функціонує служба охорони праці та екологічного контролю, яка відповідає за моніторинг рівнів викидів, стан повітря робочої зони, ефективність роботи очисних установок і дотримання вимог природоохоронного законодавства.

Таким чином, підприємство «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» – це сучасний виробничий комплекс металообробної галузі, діяльність якого супроводжується утворенням різних видів промислових забруднень. Для сталого розвитку та зниження техногенного навантаження на довкілля необхідними є систематичні заходи з екологізації виробництва, модернізації очисних споруд і підвищення ефективності природоохоронного управління.

2.2 Природно-кліматичні та географічні умови району розміщення підприємства

Місто Стрий, де в промисловій зоні колишнього заводу «Металіст» функціонує підприємство «Діскавері-бурове обладнання (Україна)», розташоване у південно-східній частині Львівської області. Є адміністративним центром однойменного району. Його географічне положення є вигідним з огляду на транспортну доступність, наявність трудових ресурсів і помірно природне середовище, що сприяє розвитку

промислового виробництва. Відстань до обласного центру – м. Львова – становить близько 70 км, а до кордону з Івано-Франківською областю – близько 35 км.

Промисловий майданчик підприємства «Діскавері-бурове обладнання (Україна)», розташований за адресою м. Стрий, вул. Яворницького, 41, знаходиться у північно-західній частині міста Стрий Львівської області (рис. 2.2). Ця територія віддалена від центральної житлової забудови приблизно на 1,5-2 км. Це промислова зона міста, де розміщені й інші великі підприємства. Майданчик підприємства розміщений на рівнинній ділянці міста. Територія має асфальтовані під'їзні шляхи. Поруч проходять залізнична гілка та автошляхи місцевого значення, що забезпечують транспортне сполучення з центром міста й навколишніми населеними пунктами, зручне транспортування сировини та готової продукції.

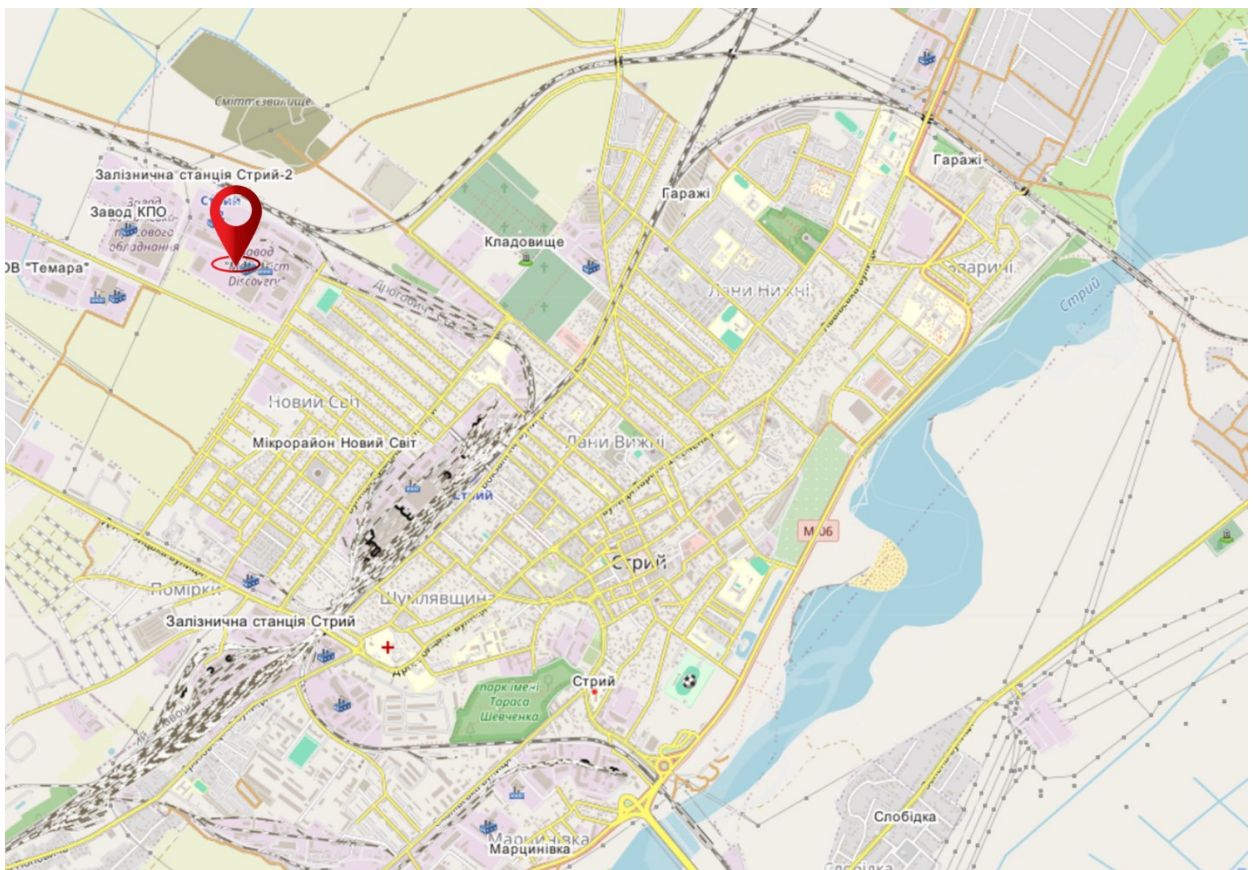


Рисунок 2.2 – Розташування заводу «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» у межах міста Стрий

Місто Стрий розташоване у передгір'ї Карпат, на висоті близько 295 метрів над рівнем моря. Географічні координати – $49^{\circ}15'$ пн. ш., $23^{\circ}51'$ сх. д..

Через територію міста протікає річка Стрий, права притока річки Дністер, яка є важливим водним об'єктом регіону. Близькість досліджуваного об'єкту до річки Стрий вимагає суворого дотримання природоохоронного режиму, оскільки можливе потрапляння поверхневого стоку з промислових майданчиків у водні об'єкти. У межах міста та поблизу розташовані також менші водотоки – річки Любешка, Скіль і Жулицький потік, які впливають на формування місцевої гідрологічної мережі. Водозбірна площа річки Стрий характеризується середнім рівнем заболоченості, переважно лучно-лісовими та сільськогосподарськими ландшафтами [25].

Район розміщення підприємства належить до помірно континентальної зони з м'якою зимою та помірно теплим літом. Середня багаторічна температура повітря становить $+7,3^{\circ}\text{C}$, при цьому середня температура січня – близько $-3,5^{\circ}\text{C}$, а липня – $+18,5^{\circ}\text{C}$. Абсолютний мінімум температур сягає -28°C , максимум – $+34^{\circ}\text{C}$ [6].

Річна кількість опадів у середньому становить 700-800 мм, з максимумом у червні-липні. Сніговий покрив утворюється у грудні й зберігається протягом 2-3 місяців. Відносна вологість повітря коливається в межах 75-85 %, що зумовлює помірний рівень вологості у виробничих приміщеннях і впливає на умови експлуатації металів.

Переважаючими напрямками вітрів є західний і північно-західний, середня швидкість вітру 3-5 м/с [5]. Така циркуляція повітря сприяє розсіюванню викидів у атмосферу, однак при безвітряній погоді можливе локальне накопичення забруднюючих речовин у приземному шарі. Тому кліматичні умови регіону слід ураховувати при розрахунку розсіювання викидів і проектуванні заходів з очищення повітря.

Ґрунтовий покрив території міста Стрий представлений переважно сірими лісовими та дерново-підзолистими ґрунтами, які мають середню родючість і відносно низьку буферну здатність до забруднення. У промисловій

зоні ґрунти частково порушені внаслідок тривалої господарської діяльності, асфальтування територій і нагромадження виробничих відходів.

Рослинність Стрийського району переважно лучно-лісова, представлена мішаними лісами (дуб, бук, граб, ялина) та культурною зеленню в межах міста. У прилеглий до підприємства зоні зберігаються фрагменти зелених насаджень, які частково виконують санітарно-захисну функцію, зменшуючи запилення й шумове навантаження [25].

Згідно з екологічною оцінкою, територія міста Стрий належить до зони помірного техногенного навантаження. Основними джерелами впливу є транспорт, котельні та промислові підприємства машинобудівного профілю. Загалом рівень забруднення атмосферного повітря оцінюється як помірний, концентрації діоксиду азоту, оксиду вуглецю та пилу не перевищують гранично допустимих значень, хоча у промислових районах фіксуються їх підвищені локальні рівні [26].

Гідрологічна ситуація залишається стабільною, проте річка Стрий у межах міста має змішане господарсько-побутове навантаження, що потребує контролю за скидами та поверхневим стоком. Особливу увагу слід приділяти захисту водних об'єктів від потрапляння нафтопродуктів, мастильних матеріалів і важких металів із промислових територій.

Умови району розміщення підприємства загалом сприятливі для функціонування металообробного виробництва. Рівнинний рельєф, наявність інженерних комунікацій, транспортна доступність і віддаленість від густозаселених житлових кварталів створюють оптимальні передумови для безпечної експлуатації промислових об'єктів.

Таким чином, природно-кліматичні та географічні умови району розміщення підприємства «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» характеризуються сприятливими параметрами для промислової діяльності, але потребують постійного екологічного контролю. Помірний клімат, стабільна гідрологічна ситуація створюють умови для сталого функціонування підприємства за умови належного дотримання природоохоронних вимог.

2.3 Методи збору, аналізу й оцінки екологічної інформації

Для проведення дослідження впливу процесів металообробки на стан навколишнього середовища підприємства «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» було використано комплекс методів, що поєднує аналітичний, розрахунковий, лабораторний та порівняльний підходи. Їх застосування забезпечило об'єктивність оцінки екологічних аспектів діяльності підприємства й дало змогу визначити основні джерела та масштаби впливу на довкілля.

Аналітичний етап передбачав збір і систематизацію інформації з нормативно-довідкових, наукових і звітних джерел. Для цього були опрацьовані законодавчі та нормативні документи України у сфері охорони довкілля (Закони України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про охорону атмосферного повітря», «Про відходи», «Про охорону вод» тощо); довідники і методичні матеріали з екологічного нормування та контролю забруднень; річні екологічні звіти підприємства; статистичні дані Державної служби статистики та місцевих органів охорони довкілля; наукові публікації та матеріали з питань екологізації металообробних виробництв [7-9, 12, 13, 15-17, 24].

Аналітичний метод дозволив визначити основні напрями впливу технологічних процесів на довкілля, проаналізувати діючу систему очищення викидів і поводження з відходами, а також оцінити відповідність діяльності підприємства природоохоронним нормативам.

Для визначення якісного й кількісного складу забруднюючих речовин у викидах та стічних водах використано методи інструментального контролю.

Відбір проб атмосферного повітря проводився на межі санітарно-захисної зони підприємства та в зоні можливого впливу за загальноприйнятими методиками. Вміст пилу, оксидів азоту, вуглецю, діоксиду сірки та парів вуглеводнів визначався за допомогою газоаналізаторів та фільтраційно-гравіметричних методів [22].

Для оцінки масштабів впливу підприємства на атмосферне повітря використовувалися розрахункові методики визначення обсягів викидів. Вихідні дані включали кількість і склад забруднюючих речовин, обсяги використаних матеріалів, характеристики технологічного обладнання, висоту та діаметр джерел викидів. Розрахунки здійснювалися згідно з вимогами Методики розрахунку кількості викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел [8, 15, 16, 24].

Отримані результати порівнювалися з гранично допустимими концентраціями (ГДК), встановленими чинними нормативами [7]. Це дозволило визначити рівень відповідності показників якості повітря до нормативних вимог і оцінити ефективність роботи пилогазоочисних споруд підприємства.

При оцінці розсіювання шкідливих домішок у повітрі враховували метеорологічні умови (швидкість і напрям вітру, температуру повітря, висоту джерела викиду тощо). Це дозволило визначити концентрацію речовин у приземному шарі та оцінити ступінь забруднення навколишнього середовища.

Для аналізу стічних вод застосовувалися стандартні методики. Крім того, було проведено порівняльний аналіз обсягів утворення відходів, що дало змогу оцінити рівень екологічної ефективності діяльності підприємства.

Для забезпечення достовірності результатів усі дослідження проводилися відповідно до чинних нормативних документів – ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій» та екологічних стандартів України.

Обробка результатів здійснювалася методами статистичного аналізу із визначенням середніх значень.

Отже, застосований у роботі комплексний підхід до збору й оцінки екологічної інформації дозволив об'єктивно охарактеризувати стан довкілля у зоні впливу підприємства «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» та визначити ефективність наявних природоохоронних заходів.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Аналіз технологічних процесів та ідентифікація екологічно небезпечних стадій виробництва

Виробнича діяльність підприємства «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» характеризується повним циклом виготовлення бурового та геологорозвідувального обладнання. Тут здійснюються усі процеси – від механічної обробки металів до складання і випробування готових виробів. Такий комплексний технологічний процес формує значну кількість потенційних джерел негативного впливу на довкілля, зокрема на атмосферне повітря, водне середовище та ґрунти.

Виробничі та допоміжні об'єкти заводу займають територію 19,7 га. Для здійснення виробничих процесів необхідним є використання природних ресурсів. Так, природний газ використовується обсягом 500,0 тис. м³, з яких одна третя йде на технологічні потреби, інше – допоміжні. Перелік необхідних ресурсів, сировинних матеріалів, що використовуються для безперебійного функціонування підприємства, наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Матеріально-ресурсне забезпечення технологічного процесу підприємства

Назва сировини, матеріалів	Річна потреба
1	2
аргон	4 балони
арматура	172 кг
ацетилен	429 балони
балка	1199040 кг
бензин	67,2 т
дизельне паливо	70,8 т
дріт зварний	28101,37 кг

Продовження табл. 3.1

1	2
електроди	2552,7 кг
затверджувач	1883 л
інтертейн	13544,6 л
канат	682 м
кисень	3067 балонів
колорін емаль	517 л
круг+кругла заготовка	54148,47 кг
кутник	111057,3 кг
лист	1117451 кг
метал	2577149,1 кг
метал	819 м
розчинник	1465 л
стиснений газ	8,31 т
суміш зварювальна	3555 балонів
труби	24428,78 м
фарба	15411,6 л
швелер	92694,01 кг
шлак гранульований	444 т

Відповідальність за використання природних ресурсів покладена на відділ охорони навколишнього природного середовища, а також службу головного енергетика.

Цехи і дільниці заводу поділені на основне та допоміжне виробництва. Основне виробництво охоплює [17]:

цех № 1 (зварювальна дільниця): тут ідентифіковано джерела забруднення № 37-42, 44, 47, 48, 49;

цех № 2 (фарбувальна, гальванічна дільниця, зварювальний пост,

відрізний верстат, заточний верстат, пост електрозварювання): джерела забруднення № 50-56, 66, 67, 69, 86, 101, 102, 103;

цех № 3 (термічна дільниця): джерела забруднення № 80, 81, 82, 93, 94, 98, 99, 100;

цех № 4 (складання та зварювання деталей, їх монтування);

цех № 5 (ливарна дільниця, ковальсько-пресове відділення, модельна дільниця): джерела забруднення № 15, 17, 19, 20, 22, 23, 27, 28, 30, 32, 35, 36;

цех № 7 (ремонтна дільниця): джерело забруднення № 107;

цех № 8 (ремонтно-механічна дільниця): джерело забруднення № 109.

Допоміжне виробництво включає такі підрозділи:

котельня (головним чином забезпечує обігрів приміщень у зимовий період та 10 % її роботи використовується для технологічних процесів);

цех № 10 (транспортна дільниця): джерело забруднення № 13;

цех № 11 (деревообробна дільниця): джерело забруднення № 114 [17].

Окрім вказаних одиниць на підприємстві функціонують дочірнє підприємство «Оберіг» (дрібні будівельні та ремонтні роботи для потреб підприємства); компресорна дільниця (подача стиснутого повітря для технологічних процесів), матеріальний склад (зберігання фарб, лаків, розчинників тощо); станція заправки автотранспорту (зберігання та заправка транспорту паливом); лабораторія (хімічний та фізичний аналіз сировини, матеріалів, стічних вод).

3.2 Джерела утворення та кількісний склад забруднюючих речовин у викидах в атмосферу

Підприємство «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» належить до об'єктів машинобудівної промисловості з комплексним впливом на атмосферне повітря. У результаті технологічних процесів у цехах та на дільницях підприємства утворюються газоподібні забруднювальні речовини, які потрапляють в атмосферу через організовані та неорганізовані джерела

викидів. Їх характеристика наведена у додатку А

Основні джерела забруднення повітря на підприємстві можна поділити на такі групи за технологічними процесами:

1. Механічна обробка металів – утворення металевого пилю, аерозолів мастильно-охолоджувальних рідин, дрібнодисперсних абразивних частинок;
2. Зварювальні роботи – виділення аерозолів з оксидами заліза, марганцю, кремнію, фтору, а також газів оксидів вуглецю, азоту тощо;
3. Термічна обробка – викиди продуктів згоряння природного газу (CO_2 , CO , NO_x , SO_2);
4. Гальванічні процеси – утворення та викиди парів кислот (HCl , H_2SO_4), аерозолів металів (Cr , Ni , Zn), випаровування електролітів;
5. Фарбувально-сушильні ділянки – пари розчинників, леткі органічні сполуки (ксилол, толуол, бутанол, етилацетат тощо);
6. Допоміжні служби – викиди від котлів у котельні, вентиляційних систем, транспортних засобів, матеріального складу.

Серед стаціонарних джерел викидів частка організованих становить дві третіх, а неорганізованих – одна третя загального числа.

Перелік забруднюючих речовин, що утворюються на різних технологічних дільницях підприємства, налічує 31 компонент (табл. 3.2). До них належать оксиди азоту, вуглецю, заліза, сполуки марганцю, хрому, ртуті та інші домішки, характерні для процесів металообробки, гальванопокриття й термічної обробки. Згідно з екологічною класифікацією, ці речовини відносяться до I, II, III та IV класів небезпеки, що свідчить про різний рівень їх токсичності та потенційного впливу на довкілля і здоров'я людини.

До груп речовин односпрямованої дії належать комбінації: ангідрид сірчистий та діоксид азоту; ангідрид сірчистий і сірчана кислота; сірчана, азотна й соляна кислоти. Для цих сполук характерний ефект сумації, тобто взаємне посилення токсичного впливу при одночасній присутності у повітряному середовищі [19].

Таблиця 3.2 – Основні забруднюючі речовини та їх кількісна характеристика у викидах в атмосферу

№ п/п	Речовина	Клас небезпеки	Потужність викиду, т/рік	Гранично допустима концентрація, мг/м ³		
				м.р.*	с.д.**	ОБРВ***
1	2	3	4	5	6	7
1	Кислота сірчана	2	0,001019	0,3	0,1	-
2	Пил абразивно-металевий	-	0,17348	-	-	0,4
3	Пил неорганічний SiO ₂ = 20-70%	3	0,4006	0,3	0,1	-
4	Вуглецю оксид	4	2,11782	5,0	3,0	-
5	Азоту діоксид	3	2,8014	0,2	0,04	-
6	Ангідрид сірчистий	3	0,05378	0,5	0,05	-
7	Пил деревини	-	0,0565	-	-	0,1
8	Заліза оксид	3	0,03317	-	0,04	-
9	Марганець	2	0,003224	0,01	0,001	-
10	Хром шестивалентний	1	2,1x10 ⁻⁶	0,0015	0,0015	-
11	Ксилол	3	0,4863	0,2	0,2	-
12	Сольвент нафта	-	0,3501	-	-	0,2
13	Ацетон	4	0,00084	0,35	0,35	-
14	Спирт бутиловий	3	0,00120	0,1	0,1	-
15	Бутилацетат	4	0,00120	0,1	0,1	-
16	Толуол	3	0,0060	0,6	0,6	-
17	Спирт етиловий	4	0,0018	5,0	5,0	-
18	Етилцелозольв	-	0,00096	-	-	0,7
19	Уайт-спірит	-	0,1800	-	-	1,0

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
20	Аерозоль фарби	-	0,0102	-	-	0,1
21	Натрію гідроокис	-	0,00407	-	-	0,01
22	Натрію триполіфосфат	-	0,00162	-	-	0,5
23	Водень хлористий (соляна кислота по молекулі HCl)	2	0,04217	0,2	0,2	-
24	Масло мінеральне	-	0,0327	-	-	0,05
25	Ртуть	1	$3,6 \times 10^{-6}$	-	0,0003	-
26	Азоту оксид	3	0,0036	0,4	0,06	-
27	Метан	-	0,036	-	-	50,0
28	Вуглецю діоксид	-	2136,4	-	-	-
29	Кислота азотна	2	0,00036	0,4	0,15	-
30	Кислота оцтова	3	0,00014	0,2	0,06	-
31	Аміак	4	$3,5 \times 10^{-5}$	0,2	0,04	-
	Всього		6,8002937			

Примітки: * - максимально разова ГДК;

** - середньодобова ГДК

*** - орієнтовно безпечний рівень.

Шкідливі речовини, які надходять у атмосферне повітря в результаті здійснення виробничої діяльності, можна об'єднати у п'ять основних груп за характером дії: пилові домішки (зважені частинки); газоподібні сполуки (оксиди азоту, вуглецю, сірки); аерозолі важких металів і кислот; леткі органічні сполуки та інші домішки (пари мастильно-охолоджувальних рідин, продукти термічного розкладання масел і розчинників, неприємні запахи органічного походження).

За результатами оцінки потужності викидів встановлено, що найбільші обсяги припадають на діоксид вуглецю (приблизно 2136,4 т/рік) та діоксид

азоту (близько 2,8 т/рік). Найменшу питому вагу мають сполуки високого класу небезпеки — шестивалентний хром, ацетон, ртуть, азотна й оцтова кислоти, концентрації яких у повітрі є незначними, проте екологічно небезпечними навіть у малих кількостях.

3.3 Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря

У таблиці додатку Б подано узагальнену характеристику основних джерел викидів забруднюючих речовин підприємства «Діскавері-бурове обладнання (Україна)». Розрахунок обсягів забруднюючих речовин проводився згідно з методикою [15], що враховує інтенсивність технологічних процесів, кількість устаткування, витрати палива тощо.

Узагальнена структура викидів підприємства подана в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – **Основні забруднюючі речовини, що надходять в атмосферне повітря від технологічних процесів підприємства**

№	Джерело викидів	Основні забруднюючі речовини	Середня концентрація, мг/м ³	Частка у загальному обсязі, %
1	Механічна обробка металів	Пил металевий, аерозолі МОР	5-20	18
2	Зварювальні пости	Оксиди Fe, Mn, Si, NO _x , CO	3-15	22
3	Термічні печі	CO, NO _x , CO ₂ , SO ₂	10-30	15
4	Гальванічні ванни	Пари кислот, Cr, Ni, Zn	1-5	20
5	Фарбувальні камери	Ксилол, толуол, ацетон, бутанол	5-25	22

Найбільший негативний вплив на атмосферу мають фарбувальні дільниці, через викиди летких органічних сполук, які є токсичними і

канцерогенними; гальванічні процеси, де у повітря потрапляють аерозолі кислот і важких металів; механічна обробка, що супроводжується значним виділенням пилу і аерозолів мастильно-охолоджувальних рідин; термічне виробництво, що формує викиди продуктів згоряння природного газу.

Отже, проведений аналіз показав, що виробнича діяльність підприємства «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» супроводжується утворенням значної кількості забруднюючих речовин різного класу небезпеки. Основними джерелами емісій є гальванічні, фарбувальні, зварювальні та термічні процеси, які формують викиди пилу, оксидів азоту, вуглецю, а також легких органічних сполук і аерозолів важких металів. Найбільшу частку становить діоксид вуглецю, тоді як хром, ртуть і органічні розчинники — менш об'ємні, але екологічно більш небезпечні.

3.4 Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин у приземному шарі повітря

Шкідливі речовини, що потрапляють в атмосферу під час роботи технологічного обладнання підприємства, зазнають процесів розсіювання, осадження та розведення у повітряному середовищі. Їх концентрація у приземному шарі залежить від фізико-хімічних властивостей речовин, обсягів емісій, висоти джерел викидів, а також від метеорологічних і топографічних умов території [15, 16, 19].

Визначення параметрів розсіювання необхідне для розробки параметрів гранично допустимих викидів (ГДВ), встановлення розмірів санітарно-захисної зони (СЗЗ) та оцінки екологічної безпеки діяльності підприємства.

Розрахунок розсіювання проводився відповідно до вимог нормативного документа [15], який регламентує порядок визначення приземних концентрацій шкідливих речовин від стаціонарних джерел промислових підприємств. Основний принцип методики полягає в тому, що сумарна концентрація кожної забруднюючої речовини в атмосфері не повинна

перевищувати її гранично допустиму концентрацію. Доцільність проведення розрахунків визначається за залежністю:

$$\frac{M}{ГДК} > \Phi \quad \Phi = 0,01Н \text{ при } Н > 10 \text{ м; } \Phi = 0,1 \text{ при } Н < 10 \text{ м,}$$

де М – сумарне значення викиду від усіх джерел підприємства, г/с;

ГДК – максимальна граничнодопустима концентрація, мг/м³;

Н – середньозважена по підприємству висота джерел викидів, м.

Результати проведених обчислень наведені у таблиці додатку В.

Згідно з отриманими даними, розрахунки розсіювання необхідно проводити для 12 основних забруднюючих речовин, які є характерними для технологічних процесів підприємства. Для решти 19 речовин розрахунки проводити не потрібно через їх незначні концентрації у викидах. Аналогічно, для речовин односпрямованої дії (вказано вище у підрозділі 3.2) окремі розрахунки не виконувалися, оскільки їхній вплив враховується сукупно через ефект сумачії.

Основними джерелами формування забруднення є механічні, зварювальні, фарбувальні та гальванічні ділянки, які забезпечують найбільший внесок у сумарну концентрацію домішок.

Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин здійснювався з використанням програмного комплексу ЕОЛ+ (версія 5.30), який реалізує методику моделювання розповсюдження домішок у приземному шарі атмосфери. У якості вихідних параметрів враховано метеорологічні показники. Розрахункове поле – прямокутник 1500 × 1500 м з кроком сітки – 150 × 150 м, а масштаб карти – 1 : 10 000. У моделі враховано фонове забруднення атмосферного повітря.

Розрахунок розсіювання дозволив визначити прогностні концентрації 12 основних забруднюючих речовин, що утворюються внаслідок технологічних процесів підприємства, у приземному шарі атмосфери в межах санітарно-захисної зони та житлової забудови.

Отримані результати наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахункові приземні концентрації основних забруднюючих речовин на межі санітарно-захисної зони

Речовина	Розрахункова максимальна приземна концентрація забруднюючих речовин (частки ГДК)	
	житлова зона	межа СЗЗ
Пил абразивно-металевий	0,42	0,41
Пил неорганічний	0,47	0,47
Азоту діоксид	0,58	0,56
Пил деревини	0,44	0,44
Заліза оксид	0,45	0,44
Марганець	0,42	0,42
Сольвент нафта	0,45	0,44
Спирт бутиловий	0,43	0,43
Бутилацетат	0,43	0,43
Толуол	0,42	0,42
Натрію гідроокис	0,42	0,42
Мінеральне масло	0,43	0,42

Розрахунки показали, що максимальні приземні концентрації досліджених речовин у межах житлової зони та на межі санітарно-захисної зони не перевищують нормативних значень ГДК. Найбільші концентрації спостерігаються для діоксиду азоту (до 0,58 ГДК) та неорганічного пилу (0,47 ГДК), що є характерним для підприємств металообробного профілю.

Нормативна санітарно-захисна зона (СЗЗ) для підприємства становить 100 метрів, що відповідає вимогам для об'єктів IV класу небезпечності (згідно з ДСП 173-96, додаток 4) [9]. Такі розміри є достатніми для забезпечення нормативного стану атмосферного повітря.

На рисунку додатку Г подано схему меж санітарно-захисної зони досліджуваного підприємства.

Оскільки завод розташований в промисловій частині міста Стрий, достатньо віддалений від житлової забудови, то до межі СЗЗ не потрапляють об'єкти цивільного призначення. Територія підприємства повністю відповідає санітарним вимогам щодо розташування та екологічної безпеки.

Таким чином, діяльність заводу за існуючих умов не спричиняє наднормативного впливу на повітряне середовище прилеглої території.

3.5 Оцінка якості та складу стічних вод підприємства

Оцінка впливу виробничої діяльності досліджуваного підприємства на гідросферу є необхідною складовою комплексного екологічного аудиту, оскільки металообробне виробництво неминуче генерує рідкі відходи. Джерела та склад стічних вод у цій галузі тісно корелюють із технологічними процесами, зокрема з використанням мастильно-охолоджувальних рідин, мийними операціями та допоміжними процесами, такими як, наприклад, гальваніка.

Водопостачання на підприємстві «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» здійснюється через власну водопровідну мережу. Відведення господарсько-побутових і виробничих стічних вод із цехів, діляниць та допоміжних споруд проводиться через систему каналізаційних колекторів в існуючу очисну споруду, яка з'єднана з міською каналізаційною мережею.

Підприємство здійснює облік обсягів спожитої води та відведених стічних вод, що відповідає вимогам статті 44 Водного кодексу України [3]. Лічильники обліку води на вводах у цехи та інші приміщення наявні. Ведення технічного обліку систем водопостачання та водовідведення забезпечує служба головного енергетика, яка здійснює реєстрацію аварійних ситуацій у спеціальному журналі. Побутове водоспоживання складає 15 м³/добу, процесне – 30 м³/добу, разом – 45 м³/добу. Орієнтовне річне водовикористання ~16 425 м³/рік.

Стічні води на підприємстві формуються з трьох основних джерел. По-

перше, це виробничі стоки, які включають відпрацьовані емульсії та розчини мастильно-охолоджувальних рідин, що утворюються в процесах механічної обробки (токарна, фрезерна, шліфувальна) і містять мінеральні та синтетичні олії, поверхнево-активні речовини, антикорозійні додотки, металевий пи́л та абразивні матеріали. Сюди ж відносяться промивні води, які можуть містити кальциновану соду та інші миючі компоненти. У цеху нанесення покриттів найбільш небезпечними є гальванічні стоки, насичені ціанідами, кислотами та іонами важких металів. По-друге, це дощові та талі стоки, що змивають забруднюючі речовини (нафтопродукти, мінеральні олії) з промислових майданчиків. І по-третє, це стандартні господарсько-побутові стоки.

На території підприємства трапляються окремі випадки порушення правил раціонального використання водних ресурсів. Зокрема, у зоні монтажних робіт неодноразово фіксувалося потрапляння нафтопродуктів на тверде покриття під час складання бурових вишок, що не завжди своєчасно прибирається. Такі ситуації можуть призвести до потенційного забруднення поверхневих і ґрунтових вод і розглядаються як порушення вимог статей 44 та 110 Водного кодексу України. Основною причиною розливів є відсутність спеціальних ємностей для збору нафтопродуктів під час наливу та зливу з технологічного обладнання.

Монтажні майданчики №2 і №3, де здійснюється складання бурових вишок, мають часткове водонепроникне покриття, проте частина обладнання розміщена безпосередньо на відкритому ґрунті. Система відведення дощових, талих та мийних вод з поверхонь майданчиків не передбачена, а периметр майданчиків не обладнаний захисним буртом, який би запобігав потраплянню забруднених зворотних вод у навколишнє середовище. Такі недоліки створюють ризик локального забруднення поверхневих стоків і свідчать про потребу вдосконалення системи поводження з виробничими водами.

Для оцінки якості стічних вод необхідним є проведення аналізу за основними фізико-хімічними показниками та наступне їх порівняння з гранично допустимими концентраціями для скиду у централізовану

каналізаційну мережу або водний об'єкт.

Контроль за якістю стічних вод, які надходять до каналізаційної мережі, проводиться щоквартально заводською лабораторією. Отримані результати використовуються для оцінки відповідності складу стічних вод вимогам місцевих екологічних нормативів.

У табл. 3.5 наведено показники якості стічних вод, обов'язкові для контролю.

Таблиця 3.5 – Походження та наслідки скидів у гідросферу (аналітична матриця забруднюючих речовин)

Показник	Походження забрудника	Аспект впливу
Нафтопродукти	Емульсії, мінеральні мастила, гідравлічні олії	Токсичність
Хімічне споживання кисню (ХПК)	Органічні сполуки (МОР, ПАР, розчинники)	Загальне органічне забруднення
Біохімічне споживання кисню (БПК5)	Розкладені органічні речовини	Навантаження на очисні споруди
Важкі метали (Ni, Cr, Cu, Zn)	Процеси гальваніки, хімічної обробки, корозія	Токсичність, кумулятивний ефект
Завислі речовини	Металевий та абразивний пил, окалина	Осадження, засмічення
Кислотність/Лужність (рН)	Використання кислот (гальваніка) або лугів (знежирення)	Корозійна активність

Оцінки якості стічних вод базується на аналізі первинної документації, що включає результати виробничого лабораторного контролю, Дозвіл на спеціальне водокористування та встановлені в ньому нормативи гранично допустимих скидів (ГДС). Фактичні концентрації забруднюючих речовин,

отримані з протоколів хімічного аналізу за звітний період, порівнюються з нормативами ГДС. Це дозволяє встановити факт перевищення, оцінити динаміку змін концентрацій забруднювачів та зробити висновок про екологічний стан системи водовідведення. Отримані дані дозволяють зробити висновок про екологічний стан системи водовідведення підприємства та за необхідності обґрунтувати заходи щодо модернізації локальних очисних споруд, особливо для нейтралізації емульгованих олій та важких металів.

3.6 Аналіз утворення, класифікації та способів поводження з виробничими відходами

В процесі виробництва бурового і геологорозвідувального обладнання на підприємстві утворюється різноманітний потік промислових відходів твердих фракцій. Основні джерела утворення відходів пов'язані з механічною обробкою (стружка, абразивний пил), гальванічними і хіміко-технологічними процесами (шлами, відпрацьовані електроліти), застосуванням мастильно-охолоджувальних рідин, фарбувальною ділянкою (залишки фарб, розчинники, фільтри), термічними та ливарно-ковальськими операціями (шлаки, продукти згоряння), а також побутовими і адміністративно-побутовими потоками.

Характер утворених відходів обумовлений асортиментом продукції, технологічними операціями і рівнем організації технологічного циклу

З метою екологічної оцінки та організації поводження доцільно розподілити відходи за групами. Відповідно до класифікації небезпечності, на підприємстві фіксуються відходи всіх чотирьох класів небезпеки:

I клас небезпеки – відпрацьовані люмінесцентні лампи;

II клас небезпеки – свинцеві акумулятори, відпрацьовані нафтопродукти;

III клас небезпеки – залишки фарб, емалей та лакофарбових матеріалів;

IV клас небезпеки – зношені автомобільні шини, шлак від зварювальних робіт, залізовмісний пил і шлам пилогазоочисних установок, шлаки від

піскоструминної очистки та окалина прокатного виробництва.

Металеві відходи і стружка (залізна, сталеві, алюмінієві, мідні стружки та обрізки) мають високу вторинну цінність, однак потенційно забруднені мастильними речовинами. Гальванічні шлами і відпрацьовані електроліти з вмістом іонів важких металів, за властивостями та токсичністю, як правило, належать до категорій небезпечних відходів. Шліфувальний і абразивний пил містить оксиди металів, абразивні частинки, при потраплянні в ґрунт і воду можуть накопичуватися. Відходи фарбувальної ділянки (контейнери, фільтри, залишки фарб, розчинники) органічні, легкозаймисті або токсичні компоненти, вимагають окремого поводження. Відходи ливарно-ковальської ділянки (шлаки, нагар, відпрацьовані фільтри печей) можуть містити оксиди металів і шкідливі домішки. Відпрацьовані фільтри, сорбенти, упакування і побутові відходи підлягають окремому збору і наступній утилізації або передачі на переробку.

Небезпека зазначених відходів визначається їх хімічним складом, особливо вмістом важких металів (кадмію, кобальту, марганцю, міді, нікелю, свинцю, хрому, цинку), що є токсичними і здатними до біоаккумуляції. Найвищі концентрації таких елементів виявлено у відходах з очистки гідрофільтрів і гальванічних шламах, що підтверджується даними табл. 3.6. Як видно з таблиці, найбільший вміст важких металів характерний для відходів очищення гідрофільтрів, що потребує особливої уваги при їх зберіганні, транспортуванні та передачі на утилізацію.

Таблиця 3.6 – Порівняльна характеристика гальванічних та фільтраційних відходів за вмістом важких металів

Показник	Cd	Co	Mn	Cu	Ni	Pb	Cr	Zn
Гальванічні відходи	7,04	13,67	910,33	54,46	641,29	7256,16	5633	1541,11
Відходи з очистки гідрофільтрів	7,96	14,07	1081,02	96,68	1119,88	7462,57	4818,21	1664,27

Згідно зі звітністю про утворення, обробку та утилізацію відходів I–III класів небезпеки, на підприємстві утворюються в середньому такі обсяги небезпечних відходів (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – **Обсяги утворення та способи поводження з відходами підприємства**

№	Вид відходів	Клас небезпеки	Обсяг, т	Кількість, шт/м ³	Спосіб поводження	Підприємство, що здійснює знешкодження / утилізацію
1	Відпрацьовані люмінесцентні лампи	I	0,060	≈200 шт	Передано на знешкодження	НТП «Галекоресурс»
2	Відпрацьовані нафтопродукти	II	3,78	–	Передано на утилізацію	ТЗОВ «Маст»
3	Відпрацьовані свинцеві акумулятори	II	0,20	–	Передано на переробку	ПП «Весна-плюс»
4	Зношені автомобільні шини	IV	0,45	16 шт	Передано на утилізацію	ПП «Сервіс-Центр Стрий»
5	Побутові відходи	–	352	1409 м ³	Вивезено на полігон ТПВ	Міське сміттєзвалище м. Стрий
6	Сталевий брухт і відходи	IV	263	–	258 т передано іншим суб'єктам господарювання, 8 т використано повторно	ПП «Магніт», ТЗОВ «СП Галтекс»

На підприємстві ведеться журнал первинного обліку утворення та руху відходів, де фіксується інформація про їх кількість, вид, клас небезпеки та напрям подальшого використання або утилізації. За наданими даними підприємство має окремі елементи системи поводження з відходами: роздільний збір металевої стружки, наявність договорів на передання відпрацьованих мастильно-охолоджувальних рідин і відходів спеціалізованим

організаціям.

Проте в ході обстеження встановлено низку порушень вимог чинного законодавства у сфері поводження з відходами (ст. 17, 33, 42 Закону України «Про управління відходами» [13]). Виявлені наступні недоліки: відсутність спеціально облаштованих місць для тимчасового зберігання небезпечних відходів (акумулятори, нафтопродукти, лакофарбові залишки, використана тара); зберігання тари з-під фарб та олів просто неба, без твердого покриття та навісу; змішування побутових і виробничих відходів (зокрема, лакофарбових залишків) в одних контейнерах; несвоєчасне очищення піддонів від відходів фарбувальних матеріалів; хаотичне складування металобрухту по території підприємства без визначених майданчиків і без системного вивезення; відсутність механізму повернення тари постачальникам (з-під фарб, мастил, хімічних матеріалів). Такі порушення створюють ризики вторинного забруднення ґрунту, поверхневих вод і повітряного середовища, а також підвищують ймовірність потрапляння небезпечних речовин у побутові потоки.

Для забезпечення комплексного поводження з відходами підприємству рекомендується:

- ввести обов'язковий облік і паспортизацію всіх потоків відходів та вести реєстр утворення і передачі відходів;
- розробити План управління відходами з визначенням відповідальних осіб та процедур;
- укласти договори з ліцензованими організаціями на вивезення і переробку небезпечних відходів;
- здійснювати регулярний моніторинг місць зберігання відходів і контроль за санітарно-гігієнічним станом майданчиків;
- проводити навчання персоналу з питань сортування, поводження з проливами та аварійними ситуаціями.

Впровадження заходів із регенерації, сортування та передачі металевої стружки на переробку дозволяє знизити витрати на закупівлю матеріалів і

скоротити обсяги відходів, що підлягають утилізації. Інвестиції в герметичні майданчики та системи збору проливів зменшать ризики штрафів і випадків забруднення ґрунтів і водних об'єктів. Довгостроково реалізація циклічних (замкнених) технологій і енергоефективних рішень підвищує екологічну стійкість підприємства і знижує операційні витрати.

3.7 Екологічна оцінка впливу підприємства на довкілля

Діяльність підприємства «Діскавері-бурове обладнання (Україна)», що спеціалізується на виготовленні та ремонті бурового й допоміжного геологорозвідувального обладнання, супроводжується утворенням низки екологічно значущих факторів впливу. Основними серед них є: викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, утворення стічних вод та промислових відходів, що при відсутності належного контролю можуть негативно позначатись на стані навколишнього природного середовища та здоров'ї населення прилеглих територій.

Найбільший вплив на якість атмосферного повітря здійснюють технологічні процеси. Результати розрахунків розсіювання основних забруднюючих речовин свідчать про те, що викиди підприємства мають локальний характер і при дотриманні технологічних режимів не становлять суттєвої загрози для атмосферного повітря.

Потенційним ризиком залишається старіння вентиляційних систем і недостатня герметизація фарбувальних камер, що може призводити до нерівномірного розсіювання шкідливих домішок. Для подальшого зниження впливу доцільно реалізувати заходи з модернізації пилогазоочисного обладнання та впровадження локальних фільтраційних систем у найбільш активних джерелах викидів.

Для комплексної характеристики впливу діяльності підприємства на стан довкілля проведено інтегральну оцінку основних екологічних факторів, результати якої наведено у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Інтегральна оцінка впливу основних екологічних факторів діяльності «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» на довкілля

Компонент довкілля	Джерела впливу	Основні забруднюючі речовини / фактори	Характер впливу	Оцінка рівня впливу*	Пропоновані природоохоронні заходи
1	2	3	4	5	6
Атмосферне повітря	Зварювальні, фарбувальні, термічні та гальванічні дільниці	Оксиди азоту, вуглецю, пил металевий, пари органічних розчинників	Локальне забруднення повітря у межах проммайданчика	Середній	Удосконалення систем аспірації та фільтрації, контроль герметизації вентиляційних систем
Водне середовище	Монтажні та ремонтні майданчики, мийні дільниці	Нафтопродукти, мінеральні масла, завислі речовини	Потенційне забруднення стічними та поверхневими водами	Помірний	Створення локальних очисних споруд, облаштування відведення дощових вод
Ґрунти	Зони складування металобрухту, тари, відходів фарбувальних матеріалів	Важкі метали, залишки розчинників і фарб	Локальне забруднення ґрунтів, ризик міграції токсичних речовин	Середній	Організація твердих покриттів і бортів на майданчиках, впорядкування системи зберігання відходів

Продовження табл. 3.8

1	2	3	4	5	6
Відходи виробництва	Всі виробничі цехи	Відпрацьовані лампи, акумулятори, мастила, шлаки, металобрухт	Утворення небезпечних і малонебезпечних відходів	Середній	Роздільне збирання, передача ліцензованим підприємствам, створення майданчика тимчасового зберігання
Шумове навантаження	Механоскладальні та зварювальні цехи	Виробничий шум, вібрації	Локальне перевищення допустимих рівнів у робочій зоні	Помірний	Технічне обслуговування обладнання, шумоізоляція, дотримання санітарних норм
Біота (рослинний та тваринний світ)	Прилеглі території	Опосередкований вплив через повітря та воду	Можливе зниження біорізноманіття на промисловій ділянці	Незначний	Розширення зелених насаджень, створення буферних смуг навколо проммайданчика

* Рівень впливу оцінено якісно – незначний, помірний, середній, високий – на основі порівняння фактичних показників з нормативними вимогами.

Аналіз таблиці 3.8 показує, що найбільш суттєвий вплив здійснюють процеси, пов'язані з викидами пилу та парів органічних речовин у повітря, утворенням небезпечних відходів та локальним забрудненням ґрунтів. Водночас, за умови дотримання чинних природоохоронних вимог, ці впливи мають локальний характер і не призводять до перевищення нормативів у межах санітарно-захисної зони.

Узагальнюючи результати досліджень, можна зазначити, що підприємство належить до IV категорії небезпечності, а його санітарно-захисна зона становить 100 м відповідно до чинних нормативів. Межа СЗЗ витримана: на цій території відсутні житлові будинки, дитячі або лікувальні заклади.

Важливими напрямками підвищення екологічної безпеки підприємства є: модернізація очисних систем повітря та води; впровадження обліку водоспоживання і водовідведення; налагодження системи роздільного збору відходів; утворення екологічного паспорта підприємства і щорічна звітність за показниками впливу на довкілля.

Екологічна оцінка показала, що діяльність «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» не має критичного негативного впливу на довкілля, проте окремі аспекти природокористування потребують оптимізації. За умови розробки та впровадження природоохоронних заходів підприємство може забезпечити сталий рівень виробництва з мінімальним техногенним навантаженням на довкілля.

3.8 Обґрунтування технологічних заходів із захисту атмосферного повітря

Захист атмосферного повітря – це пріоритетний напрям екологічної політики промислових підприємств. У процесі діяльності «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» утворюються викиди різного складу, що вимагає впровадження комплексу технологічних і організаційних заходів для їх

мінімізації.

3.8.1 Аналіз існуючої системи очищення повітря

На підприємстві функціонують місцеві системи відсмоктування та аспірації на дільницях механічної обробки, зварювання й фарбування, а також вентиляційні установки з фільтрами грубого очищення. Система очищення повітря на підприємстві «Діскавері-бурове обладнання (Україна) побудована на комбінації сухих та мокрих способів пило- і газоподібних домішок у відпрацьованому повітрі до нормативних рівнів.

Характеристика діючого пилогазоуловлюючого устаткування наведена в табл. 3.9.

Основу системи очищення становлять циклонні апарати, які видаляють тверді частинки металевого та неорганічного пилу із запиленого повітря.

Зокрема, циклони ЛІОТ-555, ЦН-15-900х6сп, ЦН-11-600 забезпечують ефективність очищення у межах 84-86 % для завислих і неорганічних частинок. Концентрація пилу на вході становить у середньому 60-160 мг/м³, тоді як на виході – 8-22 мг/м³, що відповідає санітарним нормам для робочої зони. Такі апарати застосовуються у зонах інтенсивного пилоутворення – під час заточування, шліфування та обробки металевих деталей. Завдяки їх роботі забезпечується зниження запиленості повітряного середовища як у виробничих приміщеннях, так і у викидах через вентиляційні системи.

Для уловлювання парів органічних розчинників і летких сполук (ксілол, толуол, бутилацетат, ацетон, етанол) застосовуються швидкісні скрубери типу КМП-8,0. Їх ефективність становить близько 71-72 %, що свідчить про часткове уловлювання летких органічних сполук і потребує подальшого вдосконалення, наприклад, шляхом комбінування з адсорбційними фільтрами або установками допалювання. Попри це, робота скруберів дає змогу зменшити концентрацію органічних домішок у повітрі фарбувальних камер у середньому у 3-4 рази.

Таблиця 3.9 – Результати оцінки ефективності пилогазоуловлюючого устаткування

Номер джерела викиду	Газоочисна установа	Параметри ПГПС на вході		Параметри ПГПС на виході		Забруднююча речовина	Номер ступеня очищення	Концентрація речовини на вході, мг/м ³	Ефективність очищення, %	Концентрація речовини на виході, мг/м ³
		Об'ємні витрати газу, м ³ /с	Температура, °С	Об'ємні витрати газу, м ³ /с	Температура, °С					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14	Циклон центробіжний циліндричний ЛИОТ-555	0,47	19,0	0,4773	18,0	Завислі речовини	1	30,0	85,0	4,5
						Пил неорганічний (SiO ₂ >70%)	1	83,3	84,99	12,5
						Пил металічний	1	63,3	84,99	9,5
15	Циклон центробіжний циліндричний ЦН-15-900х6сп	3,19	19,0	3,1973	18,0	Завислі речовини	1	5,4	0	5,4
	Циклон центробіжний циліндричний ЦН-15-600п	3,19	19,0	3,1973	18,0	Пил неорганічний (SiO ₂ >70%)	1	96,6	84,98	14,5
		3,19	19,0	3,1973	18,0	Пил металічний	1	76,0	85,0	11,4

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	Циклон центробіжний циліндричний ЦН-11-600	0,62	19,0	0,6193	18,0	Завислі речовини	1	108,5	85,99	15,2
20	Циклон центробіжний циліндричний ЦН-11-600	0,62	19,0	0,6251	18,0	Завислі речовини	1	112,6	84,99	16,9
						Пил неорганіч- ний ($\text{SiO}_2 > 70\%$)	1	72,0	85,0	10,8
21	Піч допалювання газів	5,65	990,0	5,652	980,0	Вуглецю оксид	1	10623,9	53,2	4972,8
						Гексан	1	1473,3	85,0	221,4
	Пилівідсікач	5,65	990,0	5,652	980,0	Зола вугілля	1	1879,6	70,0	612,0
22	Циклон центробіжний циліндричний ЛИОТ-555	0,43	19,0	0,429	18,0	Пил металічний	1	81,9	78,99	17,2
36	Циклон центробіжний циліндричний ЛИОТ-765	0,95	19,0	0,9524	18,0	Завислі речовини	1	162,2	86,49	21,9

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
47	Циклон центробіжний циліндричний ЦН-15-500п	0,44	21,0	0,4451	20,0	Пил металічний	1	64,9	80,12	12,9
49	Циклон центробіжний циліндричний ЦН-15-500п	0,19	21,0	0,1927	20,0	Пил металічний	1	60,7	85,99	8,5
50	Мокра очистка скрубера швидкісного КМП-8,0	2,55	21,0	2,5548	20,0	Ксилол	1	17,4	71,72	4,92
						Толуол	1	13,86	71,78	3,91
						Спирт н-бутиловий	1	3,19	71,78	0,9
						Спирт етиловий	1	1,8	71,66	0,51
						Бутилацетат	1	3,32	71,68	0,94
						Ацетон	1	2,51	71,71	0,71
						Уайт-спірит	1	30,2	71,78	8,52
51	Мокра очистка скрубера швидкісного КМП-8,0	2,64	21,0	2,6483	20,0	Ксилол	1	16,69	71,77	4,71

У зоні термічної обробки діє піч допалювання газів, де спалюються оксиди вуглецю та леткі сполуки органічного походження. Ефективність знешкодження вуглецю оксиду становить близько 53 %, а гексану – до 85 %, що свідчить про часткове неповне згоряння при високій температурі (~980-990 °С). Пиловідсікач, підключений до печі, зменшує вміст золи на 70 %, забезпечуючи очищення газів перед викидом у повітря.

Узагальнений аналіз таблиці свідчить, що середня ефективність очищення пилогазових сумішей на підприємстві коливається від 70 до 86 %, що відповідає технологічному рівню другої категорії ефективності очищення згідно з діючими нормативами. Найвищі показники спостерігаються для неорганічного пилу та металевих частинок, найнижчі – для летких органічних сполук. Разом із тим, на окремих дільницях ефективність очищення може знижуватися через експлуатацію пилогазоочисного обладнання понад нормативний строк; відсутність автоматичного контролю параметрів ПГПС (пилогазоповітряних сумішей); періодичне засмічення фільтрів і нерегулярне технічне обслуговування.

Враховуючи результати аналізу, доцільним є часткова модернізація систем очищення.

Отже, діюча система очищення повітря на підприємстві забезпечує стабільне зменшення концентрацій пилу та газоподібних речовин, однак не гарантує повного видалення летких органічних сполук.

Загальна ефективність роботи систем пилогазоочистки оцінюється як задовільна. Для зниження техногенного навантаження на повітряне середовище доцільно удосконалити наявні вентиляційні системи з переходом на багатоступеневе очищення та герметизацію технологічного обладнання.

3.8.2 Пропоновані технологічні рішення

З метою зменшення обсягів викидів та запобігання поширенню шкідливих речовин у повітряне середовище рекомендується впровадити низку технологічних заходів.

Основні пропоновані заходи щодо зниження викидів забруднюючих речовин і їх очікувана ефективність наведені в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 – **Основні технологічні заходи із зниження викидів і їх очікувана ефективність**

Заходи	Основні забруднюючі речовини, на які спрямовано	Очікуване зниження концентрацій, %	Екологічний ефект
Модернізація аспіраційних систем, заміна фільтрів на полімерні рукавні	Металевий пил, оксид заліза, марганець	35–45	Покращення якості повітря у виробничих зонах, зменшення пилових випадів
Встановлення електрофільтрів і циклонів на термічних дільницях	Оксиди азоту, димові гази	30–40	Скорочення газових викидів, стабілізація розсіювання
Використання фарб на водній основі та закритих камер розпилення	Пари розчинників, толуол, бутилацетат	25–30	Зменшення летких органічних сполук, покращення умов праці
Герметизація вентиляційних систем, контроль повітропроводів	Усі групи газоподібних домішок	10–15	Запобігання неорганізованим викидам
Регулярне техобслуговування газоочисних установок і фіксація у журналах	Комплексний ефект	–	Підтримання стабільної ефективності роботи систем очищення

Так, першочерговою є модернізація аспіраційних систем, що включає встановлення фільтрувальних агрегатів із полімерними рукавами замість

застарілих тканинних фільтрів; використання рукавних фільтрів типу ФРП-1200 або ФРК-45, ефективність яких сягає 95-98 % для пилю розміром понад 5 мкм; організацію замкнених повітропроводів для мінімізації неорганізованих викидів.

Необхідним є застосування сучасних систем очищення газових потоків. Зокрема, впровадження циклонних апаратів ЦН-15, скрубєрів Вентурі або електрофільтрів для очищення викидів термічних і гальванічних дільниць; використання адсорбційних фільтрів із активованим вугіллям для уловлювання парів органічних розчинників у фарбувальних камерах; установка додаткових пиловловлювачів для зварювальних постів (типу «Фільтрон-2000» або аналогів).

Оптимізувати технологічні процеси можна шляхом переходу на малотоксичні фарби та емалі на водній основі з низьким вмістом летких органічних сполук; зменшення частки ручних фарбувальних робіт за рахунок застосування закритих камер із розпилювальними системами; удосконалення режимів зварювання (зменшення струму, використання бездимних електродів) для зменшення утворення аерозолів металів.

Безумовно важливими є організаційно-технічні заходи. Так, необхідне регулярне технічне обслуговування і перевірка вентиляційного та фільтраційного обладнання; проведення контролю викидів згідно з графіком державного моніторингу; підвищення рівня екологічної відповідальності працівників шляхом інструктажів з охорони атмосферного повітря; ведення журналів обліку роботи газоочисних установок, що дозволить своєчасно виявляти несправності.

Як видно з даних табл. 3.10, найвагоміший екологічний ефект забезпечують модернізація аспіраційних систем і застосування нових фільтраційних матеріалів, що дозволяє скоротити обсяги пилогазових викидів майже на 40 %. Інші заходи спрямовані на мінімізацію летких органічних сполук і підвищення стабільності функціонування вентиляційних систем.

Застосування рекомендованих заходів дозволить зменшити обсяг

пилогазових викидів, знизити концентрацію летких органічних сполук, покращити санітарно-гігієнічні умови праці, забезпечити дотримання нормативів ГДК у приземному шарі повітря, скоротити витрати на оплату екологічного податку за викиди.

Використання системи багатоступеневого очищення повітря також створює передумови для подальшого ресурсозбереження: уловлений пил та металева стружка можуть повертатися у виробництво як вторинна сировина, що зменшує загальну кількість відходів.

Реалізація запропонованих технологічних і організаційних рішень дозволить досягти суттєвого покращення стану повітряного середовища на території підприємства, знизити ризики вторинного забруднення навколишнього середовища та забезпечити відповідність діяльності нормативним вимогам Закону України «Про охорону атмосферного повітря». Таким чином, запропонований комплекс заходів є технічно доцільним, екологічно ефективним та обґрунтованим.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці на підприємстві та виявлення потенційно небезпечних факторів

Організація безпечних умов праці є важливою складовою ефективного функціонування заводу «Діскавері-бурове обладнання (Україна)», яке належить до підприємств машинобудівного профілю з повним циклом виготовлення бурового обладнання та металевих конструкцій. Характер технологічних процесів визначає наявність комплексу шкідливих і небезпечних факторів, які впливають на здоров'я працівників, рівень їх працездатності та безпеку під час виконання виробничих операцій.

Виробничі приміщення підприємства включають механоскладальні, зварювальні, термічні, гальванічні, фарбувальні, ковальсько-пресові цехи, а також допоміжні дільниці. У кожному з них діють різні фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні фактори. Найбільш характерними є підвищена температура повітря у термічних і ливарних цехах, інтенсивне шумове навантаження на робочих місцях (до 85-95 дБ), вібрації від роботи обладнання, підвищена запиленість повітря металевим пилом під час механічної обробки, наявність випаровувань органічних розчинників і фарбувальних матеріалів, ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання при зварювальних процесах, а також небезпека ураження електричним струмом. Згідно з оцінкою умов праці, більшість робочих місць відносяться до третього класу шкідливості за гігієнічною класифікацією праці (ДСН 3.3.6.042-99), що означає можливість негативного впливу на стан здоров'я працівників при тривалій дії виробничих факторів [14]. У цехах з меншим технологічним навантаженням умови праці загалом відповідають допустимим нормативам другого класу.

До потенційно небезпечних факторів, що можуть спричинити

травмування або аварійні ситуації, належать рухомі частини верстатів, пресів, кранів і транспорту, ризик падіння або перекидання вантажів, відкриті струмопровідні частини при зварюванні, можливість займання при роботі з легкозаймистими матеріалами, небезпека вибуху у разі порушення технологічного режиму роботи печей та компресорного обладнання, ризик опіків при контакті з розігрітими деталями або гарячими рідинами, а також імовірність отруєння парами органічних речовин та кислотно-лужних компонентів. Найвищий рівень ризику характерний для зварювальних, фарбувальних, гальванічних і термічних дільниць, де поєднуються фактори високих температур, випаровування хімічних речовин та електробезпека.

На підприємстві функціонує служба охорони праці, яка здійснює контроль за дотриманням вимог Закону України «Про охорону праці», ДСН 3.3.6.042-99, ДНАОП 0.00-1.21-98 та інших нормативів [14, 20]. Працівники проходять первинні, повторні та позапланові інструктажі, періодичні медичні огляди, а також атестацію робочих місць за умовами праці.

У цехах забезпечено видачу засобів індивідуального захисту – спецодягу, рукавиць, захисних окулярів, респіраторів, щитків, касок, протишумових навушників. Разом з тим виявлено низку проблемних аспектів, що потребують вдосконалення: недостатня кількість локальних вентиляційних систем у зонах фарбування та зварювання, несвоєчасне обслуговування фільтрів, відсутність шумопоглинальних екранів у механічних цехах, а також неповний контроль за мікрокліматом у робочих приміщеннях.

Загалом умови праці на підприємстві можна вважати задовільними, однак вони характеризуються наявністю шкідливих і небезпечних факторів, притаманних машинобудівному виробництву. Основними ризиками залишаються підвищена запиленість і загазованість повітря, високий рівень шуму та вібрацій, вплив шкідливих хімічних речовин і фізичне перевантаження працівників.

4.2 Покращення гігієни праці, техніки безпеки і пожежної безпеки на підприємстві «Діскавері-бурове обладнання (Україна)»

Підтримання належного рівня гігієни праці, техніки безпеки та пожежної безпеки є невід'ємною складовою ефективною роботи підприємства та основною умовою збереження здоров'я працівників. На машинобудівних виробництвах, до яких належить «Діскавері-бурове обладнання (Україна)», значна частина технологічних процесів супроводжується підвищеним рівнем шуму, запиленістю, впливом шкідливих хімічних речовин, підвищених температур і небезпекою займання матеріалів. Тому вдосконалення системи охорони праці та забезпечення пожежної безпеки є пріоритетним напрямом внутрішньої політики підприємства.

Гігієнічні умови праці визначаються сукупністю факторів виробничого середовища, що впливають на функціональний стан працівників. Проведена оцінка показала, що санітарно-гігієнічні умови праці загалом відповідають нормативним вимогам, проте на окремих виробничих дільницях потребують удосконалення системи вентиляції, аспірації, контролю мікроклімату та рівня шуму. На дільницях механічної обробки, зварювання та термічної обробки основними шкідливими чинниками залишаються підвищений рівень шуму (до 90-95 дБ), локальна вібрація від роботи інструментів, висока температура та запиленість повітря. Для їх зменшення необхідно вдосконалити вентиляційні системи, забезпечити своєчасну заміну фільтрів і аспіраційних установок, проводити регулярне зволоження повітря у цехах із високою запиленістю, а також впровадити акустичні екрани і шумопоглинальні матеріали у зонах роботи металорізальних верстатів. Важливим напрямом покращення гігієни праці є створення оптимальних мікрокліматичних умов – підтримання температури в межах 18-22 °С, відносної вологості 40-60 % і швидкості руху повітря не вище 0,3 м/с, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.042-99 [1, 20].

Для поліпшення ситуації доцільно модернізувати вентиляційні системи, оптимізувати освітлення і мікроклімат, удосконалити систему інструктажів з

охорони праці та підвищити контроль за використанням засобів індивідуального захисту. Важливо також впровадити автоматизований моніторинг параметрів повітряного середовища в робочих зонах та забезпечити регулярне оновлення технічного обладнання.

На дільницях фарбування та гальванічних покриттів необхідно приділити увагу зниженню впливу парів розчинників, кислот та лугів. Для цього доцільно замінити частину хімічних реагентів на менш токсичні, використовувати закриті ємності та обладнати локальні відсмоктувачі з очищенням повітря через адсорбційні фільтри. Працівників таких дільниць необхідно забезпечити фільтрувальними респіраторами, захисними рукавицями, спецодягом, фартухами та окулярами. Для контролю санітарно-гігієнічних умов рекомендується запровадити систему щомісячного лабораторного контролю параметрів повітряного середовища в робочих приміщеннях.

Стан техніки безпеки на підприємстві загалом оцінюється як задовільний, проте потребує постійного вдосконалення. Для підвищення рівня безпеки праці доцільно впровадити програму ризик-орієнтованого управління охороною праці, що передбачає систематичну ідентифікацію небезпечних факторів і профілактичні дії до настання інцидентів. Особливу увагу слід приділити технічному стану підйомно-транспортного обладнання, зварювальних апаратів і компресорів, які відносяться до потенційно небезпечних об'єктів. Усі працівники, які обслуговують це обладнання, повинні проходити періодичну перевірку знань з питань охорони праці та техніки безпеки. Для запобігання травматизму рекомендовано вдосконалити систему блокування верстатів, запровадити сигнальні позначення небезпечних зон, провести додаткове маркування комунікацій, що транспортують гази, пару, воду і мастила.

Важливою складовою безпечного виробництва є система пожежної безпеки. На території підприємства розміщено фарбувальні дільниці, склади лакофарбових матеріалів, мастил і хімічних реагентів, що належать до

категорій пожежної небезпеки А і Б. Для зниження ризику займання та поширення пожежі необхідно забезпечити суворе дотримання вимог Правил пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014) [1, 20]. На складах і у виробничих приміщеннях потрібно встановити датчики пожежної сигналізації, провести ревізію системи оповіщення та евакуації персоналу, замінити зношені вогнегасники, обладнати місця зберігання розчинників вибухобезпечними вентиляційними установками та іскробезпечним освітленням. Працівники мають бути ознайомлені з планом евакуації, проходити щорічні навчання з пожежно-технічного мінімуму та практичні тренування з використання засобів гасіння вогню.

Для підвищення рівня виробничої безпеки доцільно впровадити комплексну систему управління охороною праці, що передбачає поєднання технічних, організаційних і санітарно-гігієнічних заходів. До її складових повинні входити регулярні внутрішні аудити стану безпеки, оцінка ризиків на робочих місцях, створення бази даних про виробничий травматизм, стимулювання персоналу до дотримання вимог безпеки, а також системне оновлення інструкцій і технологічних карт. Особливе значення має формування культури безпеки праці, коли кожен працівник усвідомлює особисту відповідальність за збереження власного життя і здоров'я та дотримання правил безпеки.

Отже, покращення гігієни праці, техніки безпеки та пожежної безпеки на підприємстві «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» потребує системного підходу, який поєднує модернізацію виробничого обладнання, удосконалення умов праці, забезпечення працівників засобами захисту та підвищення їхньої обізнаності у сфері охорони праці.

Реалізація запропонованих заходів дозволить суттєво зменшити рівень професійних ризиків, покращити умови праці, запобігти виникненню нещасних випадків і пожеж, підвищити ефективність виробничої діяльності, а також забезпечити стабільність функціонування підприємства відповідно до принципів екологічної, техногенної та соціальної безпеки.

4.3 Заходи щодо захисту персоналу і населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій

Сучасне машинобудівне підприємство належить до потенційно небезпечних об'єктів через наявність вибухо- та пожежонебезпечних матеріалів, використання електроенергії високої потужності, зварювальних апаратів, компресорного обладнання, систем нагріву, а також значну концентрацію працівників у виробничих приміщеннях. Тому важливим напрямом діяльності підприємства є створення ефективної системи цивільного захисту, спрямованої на запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного і природного характеру, а також забезпечення своєчасного реагування у разі їх виникнення [20, 23].

Потенційними джерелами надзвичайних ситуацій на підприємстві можуть бути вибухи або пожежі внаслідок порушення правил зберігання та використання легкозаймистих матеріалів (фарб, розчинників, мастил), короткого замикання електрообладнання, аварії з викидом шкідливих газів у зварювальних і термічних цехах, а також прориви трубопроводів з водою або паром. Крім того, у зоні ризику перебувають системи вентиляції, компресорні установки, котельня і склади паливно-мастильних матеріалів. В окремих випадках не виключається вплив природних чинників – сильного вітру, гроз, паводків, різких коливань температури, які можуть спричинити порушення нормальної роботи інженерних систем.

Для підвищення готовності до дій у разі надзвичайних ситуацій на підприємстві має бути розроблено та затверджено План реагування на надзвичайні ситуації, який містить алгоритм дій персоналу, порядок оповіщення, евакуації та взаємодії з місцевими підрозділами ДСНС і органами влади. У кожному виробничому підрозділі повинні бути призначені відповідальні особи з цивільного захисту, які проходять щорічне навчання з питань безпеки життєдіяльності. Працівники мають бути ознайомлені з розташуванням евакуаційних виходів, первинних засобів пожежогасіння,

аптечок, пунктів збору персоналу та аварійних вимикачів електроенергії.

Особлива увага приділяється організації системи оповіщення та евакуації. Виробничі приміщення обладнуються звуковими і світловими сигналами тривоги, а також схемами евакуаційних маршрутів із зазначенням напрямків руху. Для кожної ділянки передбачаються запасні виходи, не менше двох на кожен поверх. Працівники проходять інструктажі з правил поведінки під час евакуації та дій у разі задимлення, вибуху, витоку хімічних речовин чи виникнення пожежі.

У випадку пожежі або вибуху першочерговими заходами є припинення роботи технологічного обладнання, відключення електроживлення, ізоляція джерела займання, гасіння вогню за допомогою вогнегасників або пожежних кранів, а також евакуація людей з небезпечної зони. Важливою умовою безпеки є утримання вільного доступу до засобів пожежогасіння, розміщення їх на видимих місцях і забезпечення щоквартальної перевірки їхньої справності.

Для запобігання розповсюдженню шкідливих речовин у разі аварійного викиду необхідно мати засоби локалізації та нейтралізації забруднень — абсорбційні матеріали, ємності для збору небезпечних відходів, сорбенти, переносні витяжні установки. На гальванічних та фарбувальних ділянках мають бути передбачені аварійні комплекти індивідуального захисту органів дихання, шкіри та очей. У разі можливого витоку парів розчинників або кислот здійснюється негайне провітрювання приміщень, а персонал тимчасово евакуюється до безпечної зони.

Важливим напрямом підвищення готовності є створення системи внутрішнього моніторингу за технічним станом обладнання, вентиляційних систем, станом електромереж, пожежних сигналізацій і водопостачання. Регулярні огляди, профілактичні ремонти та ревізія запірної арматури дозволяють своєчасно виявити потенційні відхилення та запобігти аваріям. Керівники структурних підрозділів несуть персональну відповідальність за виконання заходів з попередження надзвичайних ситуацій та збереження

життя працівників.

Для мінімізації ризиків впливу надзвичайних ситуацій на населення прилеглої території передбачаються узгоджені дії підприємства з місцевими органами влади, ДСНС, медичними закладами та комунальними службами. Підприємство має повідомляти ці органи у разі виникнення пожежі, викиду шкідливих речовин або іншої аварії. На межі санітарно-захисної зони встановлюються інформаційні щити про правила поведінки населення у разі виникнення аварійної ситуації.

Проведення навчань та тренувань з реагування на надзвичайні ситуації дозволяє підвищити рівень готовності персоналу до дій у кризових умовах. Такі заходи мають проводитись не рідше одного разу на пів року з фіксацією результатів у журналі цивільного захисту [23].

Отже, ефективна система захисту персоналу і населення у разі надзвичайних ситуацій на підприємстві «Діскавері-бурове обладнання (Україна)» ґрунтується на поєднанні профілактичних, технічних і організаційних заходів. Її впровадження забезпечує зниження рівня ризику техногенних аварій, підвищення стійкості функціонування виробництва, збереження життя і здоров'я працівників, а також мінімізацію негативного впливу можливих подій на довкілля та населення прилеглих територій.

ВИСНОВКИ

1. У результаті виконання кваліфікаційної роботи проведено екологічну оцінку впливу технологічних процесів металообробки на стан довкілля підприємства «Діскавері-бурове обладнання (Україна)». Встановлено, що основними чинниками антропогенного навантаження є викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, утворення промислових відходів різних класів небезпеки та скидання стічних вод виробничого й побутового походження.

2. Аналіз технологічних процесів засвідчив, що найбільш небезпечними з екологічної точки зору є операції зварювання, лиття, фарбування, гальванічного покриття та термічної обробки металів. Саме на цих стадіях утворюється найбільша кількість пилу, парів органічних сполук, аерозолів важких металів і газоподібних продуктів згоряння.

3. У ході інвентаризації джерел викидів визначено 31 вид забруднюючих речовин, характерних для підприємства, серед яких оксиди вуглецю, азоту, заліза, хрому, марганцю, свинцю, леткі органічні сполуки та тверді частинки металів. Найбільшу частку у валових викидах становлять діоксид вуглецю, оксиди азоту та неорганічний пил.

4. Проведено розрахунок обсягів викидів та розсіювання забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери. Результати моделювання показали, що концентрації основних забруднюючих речовин у межах санітарно-захисної зони не перевищують гранично допустимих концентрацій, що свідчить про дотримання підприємством вимог екологічної безпеки.

5. Аналіз існуючої системи пилогазоочищення показав, що на підприємстві використовуються циклони різних модифікацій, скрубери та піч допалювання газів. Середня ефективність очищення становить 70-86 %, що забезпечує зменшення обсягів викидів завислих речовин і металевого пилу, однак система потребує модернізації для підвищення її ефективності та

зниження експлуатаційних витрат.

6. Встановлено, що водопостачання підприємства здійснюється з міської водомережі, а відведення господарсько-побутових і виробничих стоків – у міську каналізацію після попереднього очищення на локальних очисних спорудах, де передбачено механічне осадження завислих частинок і знежирення.

7. Визначено, що у процесі виробничої діяльності утворюються відходи I-IV класів небезпеки, серед яких найбільшу частку становлять відпрацьовані мастильні матеріали, шлами, металевий пил, використані фарби, люмінесцентні лампи, акумулятори та зношені шини. Частина відходів передається спеціалізованим підприємствам для утилізації, проте на території заводу відсутні належним чином облаштовані майданчики для тимчасового зберігання небезпечних відходів.

8. Запропоновано заходи з оптимізації поводження з відходами: створення спеціально обладнаних майданчиків для тимчасового зберігання, укладання договорів з ліцензованими підприємствами на утилізацію та знешкодження небезпечних відходів, роздільне збирання вторинної сировини, а також впровадження внутрішнього контролю за рухом відходів.

9. Розроблено й обґрунтовано комплекс технологічних заходів, спрямованих на зменшення негативного впливу виробництва на атмосферне повітря. Серед них – модернізація аспіраційних систем, впровадження фільтраційних і адсорбційних установок для летких органічних сполук, застосування екологічно безпечних фарб на водній основі, герметизація вентиляційних каналів, регулярне технічне обслуговування газоочисного обладнання та автоматизований контроль параметрів викидів.

10. Реалізація запропонованих заходів дозволить знизити сумарний обсяг пилогозових викидів, скоротити утворення небезпечних відходів, зменшити водоспоживання і забезпечити стабільне функціонування підприємства з урахуванням екологічних стандартів та принципів сталого розвитку.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Безпека життєдіяльності: підручник / За ред. О. Запорожець. Київ: Центр учбової літератури, 2013. 447 с.
2. Вінічук М. М. Загальна екологія: навч. посібн. Житомир: Видавництво Державного університету «Житомирська політехніка», 2021. 184 с.
3. Водний кодекс України. N 213/95-ВР. Київ, 6 червня 1995 року. 189 с.
4. Волошина Н. О. Загальна екологія та неоекологія: навч. посібн. Київ: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2015. 335 с.
5. Гавриленко О. П. Екогеографія України : навч. посіб. Київ: Знання, 2008. 646 с.
6. Географічна енциклопедія України: в 3-х томах / О.М. Маринич. Київ: Українська енциклопедія ім. М.П. Бажана, 1993. 480 с.
7. Гігієнічні регламенти. Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць. Затверджено Наказом МОЗ України від 14 січня 2020 року № 52.
8. ГКД 34.02.305-2002 «Викиди забруднювальних речовин в атмосферу від енергетичних установок». Київ: Науково-технічний центр вугільних енерготехнологій, 2002. 36 с.
9. ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Затверджено наказом МОН України від 19 червня 1996 р. № 173 (зі змінами). Київ: МОЗ України, 1996. 66 с.
10. ДСТУ ISO 50001:2020 Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2018, IDT)
11. Екологічна токсикологія: навч. посібник / В. К. Пузік, В. В. Волощенко, Є. А. Криштоп та ін. Харків: ХНАУ, 2016. 349 с.
12. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Введений в дію Постановою ВР № 1268-ХІІ від 26.06.91 (зі змінами).
13. Закон України «Про управління відходами» від 20 червня 2022 року № 2320-ІХ.

14. Законодавство України про охорону праці: у 4-х т. Т.1. Київ, 1995. 558 с.
15. Збірник методик з розрахунку викидів в атмосферу забруднюючих речовин різними виробництвами, 1986. 268 с.
16. Збірник методик по визначенню шкідливих речовин в газоповітряних сумішах. Київ, Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, 1993. 121 с.
17. Звіт по інвентаризації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі та розрахунок викидів забруднюючих речовин в приземному шарі атмосферного повітря ТОВ «Діскавері-бурове обладнання (Україна)», 2024. 98 с.
18. Карпіщенко О. І., Казбан Д. Ю. Вплив машинобудівних підприємств на навколишнє середовище. *Економічні проблеми сталого розвитку*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції імені проф. Балацького О. Ф. (м. Суми, 27 травня 2015 р.) Суми: СумДУ, 2015. С. 212-213.
19. Клименко М. О., Прищепа А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля: підручник. Київ: Академія, 2006. 360 с.
20. Левченко О. Г., Землянська О. В., Праховнік Н. А., Зацарний В. В. Безпека життєдіяльності та цивільний захист: підручник. Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2018. 260 с.
21. Мальований М.С., Боголюбов В.М., Шаніна Т.П., Шмандій В.М., Сафранов Т.А. Техноекологія: підручник / За ред. М.С.Мальованого. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2014. 424 с.
22. Масікевич Ю. Г., Гринь С. О., Герецун Г. М. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. Чернівці: Зелена Буковина, 2005. 343 с.
23. Міхеєв Ю. В., Праховнік Н. А., Землянська О. В. Цивільний захист: навч. посібн. Київ: Основа, 2014. [Електронне видання. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/18966>].
24. Показники емісії (питомі викиди) забруднюючих речовин від процесів електрогазозварювання, наплавлення, електро-газорізання та напилювання металів. Київ, 2003. 76 с.
25. Сакаль Є. В. Географія Стрийщини. Стрий: Щедрик, 2005. 170 с.

26. Стан довкілля у Львівській області у 2023 році. [Електронний ресурс] <https://deplv.gov.ua/potochni-rezultaty/>
27. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.
28. Телетов О. С., Провозін М. В. Роль підприємств машинобудівної галузі в розвитку економіки регіону. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Економічні науки»*. 2013, № 5. С. 209-215.
29. Ткачук О. П., Вітер Н. Г., Ковальова К. В. Біоекологія: навч. посібн. Вінниця: ТОВ «Друк», 2021. 472 с.
30. Троценко Є. О., Перетятко Ю. В. Промислова екологія: навч. посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 34 с.
31. Филипчук В. Л., Клименко М. О., Ткачук К. К., Проценко С. Б., Радовенчик В. М., Залеський І. І. Промислова екологія: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2013. 495 с.
32. Філіппова, С. В., Сухотеріна, М. І. Екологічна складова соціальної відповідальності машинобудівного підприємства. *Економіка: реалії часу. Науковий журнал*. 2015. № 1 (17). С. 204-207. Режим доступу: <http://economics.opu.ua/files/archive/2015/n1.html>
33. Центр ресурсоефективного та чистого виробництва. Посібник з впровадження методики ресурсоефективного та більш чистого виробництва (неофіційний переклад UNIDO Cleaner Production Toolkit). Київ : Центр ресурсоефективного та чистого виробництва, 2017. 76 с.
34. Чайкіна А. О. Індустрія 4.0: особливості цифрової трансформації України. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. 2021. Том 32 (71), № 3. С. 24-31. DOI: <https://doi.org/10.32838/2523-4803/71-3-5>
35. Яковенко І. Е., Пермяков О. А., Фесенко А. В. Технологічні основи машинобудування: навч. посібник. Харків: НТУ «ХПІ», 2022. 421с.
36. Яснолоб І. О., Павленко Я. В., Юрченко Д. О., Курочкін С. Ю.,

- Пасічніченко Д. Ю. Розумні системи управління та аналітика даних при реалізації Індустрії 4.0 для підприємств малого та середнього бізнесу. *Агросвіт*. 2024, № 22. С. 161-166. DOI: 10.32702/2306-6792.2024.22.161
37. Cobb C. L., Agogino A. M., Beckman S. L. and Speer L. *Enabling and Characterizing Twenty-First Century Skills in New Product Development Teams*. *International Journal of Engineering Education* 24(2) 2008, pp. 420- 433.
38. Franquesa, Cruz J.-L., Álvarez C., Sánchez F., Fernández A., López D. The Social and Environmental Impact of Engineering Solutions: from the Lab to the Real World. URL: <https://www.researchgate.net/publication/290529671> (дата звернення: 29.09.25).
39. <http://discoveryde.com/> [Офіційний сайт ТОВ «Діскавери-бурове обладнання (Україна)»]
40. <https://www.nrdc.org/stories/air-pollution-everything-you-need-know#whatis> [Забруднення повітря: все, що вам потрібно знати]
41. [www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](http://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) [World Health Organization. Ambient (outdoor) air pollution]

Додаток А – Характеристика джерел утворення забруднюючих речовин

Виробництво, цех, дільниця	Джерело утворення забруднюючих речовин	Етапи технологічного процесу	Завантаження обладнання, год/рік	Об'ємна витрата газу, V, м ³ /сек	Температура, T, °C	Забруднююча речовина	Концентрація забруднюючих речовин, мг/м ³
Транспортна дільниця	Пункт заправки акумуляторів	Заправка акумуляторів сірчаною кислотою	1600	0,54	22	Кислота сірчана	0,3
Цех № 5	Дробоструминний верстат	Дробоструминна очистка	300	3,0	22	Пил абразивно-металевий	6,0
Ливарна дільниця	Піч ДСП-0,5	Лиття сталі, чавуну	500	1,7	70	Пил неорганічний SiO ₂ =20-70%	84,7
						Вуглецю оксид	7,2
						Азоту діоксид	3,1
						Ангідрид сірчистий	9,2
Ливарна дільниця	Сито	Транспортування формовочної суміші	500	0,6	22	Пил неорганічний SiO ₂ =20-70%	13,8
	Вибивна решітка	Бігуни	500	0,62	70	Пил неорганічний SiO ₂ =20-70%	15,0
	Заточний верстат	Заточування інструментів	200	0,40	22	Пил абразивно-металевий	14,8
	Дефлектор	Пил від технологічного обладнання	500	0,40	22	Пил неорганічний SiO ₂ =20-70%	21,2
	Піч ИСТ-0,4	Електропіч нагріву	500	1,3	70	Пил неорганічний SiO ₂ =20-70%	34,1
Вуглецю оксид						3,0	
Азоту діоксид						1,2	
Ангідрид сірчистий						3,4	
Цех № 5, ковальсько-пресова дільниця	Газова піч	Піч нагріву	2000	2,4	90	Азоту діоксид	52,5
						Вуглецю оксид	315,3
Цех № 1 складальний, зварювальна дільниця	Пункт зварювання	Електрозварювальні роботи	3000	2,0	22	Пил деревини	18,1
						Заліза оксид	7,1
						Марганець	0,57
						Хром шестивалентний	0,001
						Азоту діоксид	0,35
Вуглецю оксид	1,45						

Додаток Б – Характеристика джерел викидів забруднюючих речовин

Джерело викиду	Висота, м	Діаметр, м	Характеристика ПГПС*			Забруднююча речовина	Потужність викиду	
			об'єм, м ³ /с	швидкість м/с	температура °С		г/с	т/рік
Транспортна дільниця (труба)	14	0,4	0,48	3,82	22	Кислота сірчана	0,00017	0,0010
Цех № 5 Ливарна дільниця								
Труба	5,8	0,53	3,0	13,6	22	Пил абразивно-металевий	0,018	0,0194
Труба	7,5	0,4	1,7	13,5	70	Пил неорганічний	0,144	0,2592
Труба						Вуглецю оксид	0,0122	0,02196
						Азоту діоксид	0,0053	0,0096
						Ангідрид сірчистий	0,01556	0,0280
Труба	6,0	0,35	0,6	6,24	22	Пил неорганічний	0,0083	0,0149
Труба	6,0	0,35	0,62	4,45	22	Пил неорганічний	0,0093	0,0167
Труба	2,0	0,3	0,4	5,66	22	Пил абразивно-металевий	0,0059	0,00425
Дефлектор	15	0,4	0,4	3,13	22	Пил неорганічний	0,0170	0,0306
Труба	15	0,35	1,3	13,5	50	Пил неорганічний	0,0444	0,0792
						Вуглецю оксид	0,0039	
						Азоту діоксид	0,00156	
						Ангідрид сірчистий	0,0044	
Труба	20	0,3	0,6	8,49	90	Азоту діоксид	0,0315	
						Вуглецю оксид	0,1892	
Труба	20	0,3	0,6	8,49	90	Азоту діоксид	0,0315	
						Вуглецю оксид	0,1892	
Труба	10	0,6	0,6	2,12	90	Азоту діоксид	0,0315	
						Вуглецю оксид	0,1892	
Труба	20	0,35	0,6	6,24	90	Азоту діоксид	0,0315	
						Вуглецю оксид	0,1892	
Труба	7,0	0,3	0,95	13,4	22	Пил деревини	0,0172	0,0248
Цех № 1 Складальний - Зварювальна дільниця								
Дефлектор	16	0,6	0,4	1,41	22	Заліза оксид	0,00287	0,00406
						Марганець	0,00025	0,00039
						Хром (VI)	4,0x10 ⁻⁷	2,9x10 ⁻⁷
						Азоту діоксид	0,00014	0,00010
						Вуглецю оксид	0,00058	0,00042
Дефлектор	16	0,6	0,4	1,41	22	Заліза оксид	0,00287	0,00406
						Марганець	0,00025	0,00039
						Хром (VI)	4,0x10 ⁻⁷	2,9x10 ⁻⁷
						Азоту діоксид	0,00014	0,00010
						Вуглецю оксид	0,00058	0,00042

Примітка. ПГПС* – параметри газоповітряної суміші на виході з джерела викиду

**Додаток В – Коефіцієнти доцільності проведення розрахунків
розсіювання**

№	Забруднююча речовина	Φ	Доцільність проведення розрахунків $\frac{M}{ГДК} > \Phi$ (так, чи ні)
1.	Кислота сірчана	0,14	0,0001967 : 0,3 = 0,0007 < 0,14 ні
2.	Пил абразивно-металевий	0,1	0,07662 : 0,4 = 0,191 > 0,1 так
3.	Пил неорганічний	0,1	0,2230 : 0,3 = 0,74 > 0,1 так
4.	Вуглецю оксид	0,22	1,02915 : 5 = 0,206 < 0,22 ні
5.	Азоту діоксид	0,23	1,03244 : 0,085 = 0,29 > 0,23 так
6.	Ангідрид сірчистий	0,1	0,02525 : 0,5 = 0,05 < 0,1 ні
7.	Пил деревини	0,1	0,0392 ; 0,1 = 0,39 > 0,1 так
8.	Заліза оксид	0,1	0,02388 : 0,04 = 0,597 > 0,1 так
9.	Марганець	0,1	0,002163 : 0,01 = 0,2163 > 0,1 так
10.	Хром шестивалентний	0,1	3,6x10 ⁻⁶ : 0,0015 = 0,0024 < 0,1 ні
11.	Ксилол	0,16	0,1191 : 0,2 = 0,045 < 0,16 ні
12.	Сольвент нафта	0,16	0,13176 : 0,2 = 0,65 > 0,16 так
13.	Ацетон	0,16	0,02340 : 0,35 = 0,067 < 0,16 ні
14.	Спирт бутиловий	0,16	0,0336 : 0,1 = 0,336 > 0,16 так
15.	Бутилацетат	0,16	0,0336:0,1 = 0,336 > 0,16 так
16.	Толуол	0,16	0,1668 : 0,6 = 0,27 > 0,16 так
17.	Спирт етиловий	0,16	0,0498 : 5,0 = 0,005 < 0,16 ні
18.	Етилцелозольв	0,16	0,02640 : 0,7 = 0,039 < 0,16 ні
19.	Уайт-спірит	0,16	0,0714: 1,0 = 0,0714 < 0,16 ні
20.	Аерозоль фарби	0,16	0,0018:0,1 =0,018 < 0,16 ні
21.	Натрію гідроокис	0,1	0,00113 : 0,01 = 0,113 > 0,1 так
22.	Натрію триполіфосфат	0,1	0,00045 : 0,5 = 0,0009 < 0,1 ні
23.	Водень хлористий	0,1	0,02303 : 0,2 = 0,065 < 0,1 ні
24.	Масло мінеральне	0,1	0,0114 : 0,05 = 0,228 > 0,1 так
25.	Ртуть	0,3	1,27x10 ⁻⁶ : 0,0003 = 0,004 < 0,3 ні
26.	Діазоту оксид	0,3	-
27.	Метан	0,3	0,0127 : 50 = 0,0002 < 0,3 ні
28.	Вуглецю діоксид	0,3	-
29.	Кислота азотна	0,18	5,0x10 ⁻⁴ : 0,4 = 0,00125 < 0,1 ні
30.	Кислота оцтова	0,18	1,92x10 ⁻⁴ : 0,2 = 0,0009 < 0,1 ні
31.	Аміак	0,18	4,92x10 ⁻⁵ : 0,2 = 0,0002 < 0,1 ні

Додаток Г – Схема санітарно-захисної зони заводу «Діскавері-бурове обладнання (Україна)»

