

**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 «Аналіз екологічних наслідків процесу збагачення кам'яного
вугілля на підприємстві «Львівська вугільна компанія» та розробка
заходів щодо мінімізації впливу на довкілля»

Виконав студент групи Еко-61
спеціальності 101 «Екологія»
Васьків Андрій Теодозійович

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
Васьківу А. Т.

1.Тема роботи: **«Аналіз екологічних наслідків процесу збагачення кам'яного вугілля на підприємстві «Львівська вугільна компанія» та розробка заходів щодо мінімізації впливу на довкілля»**

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 Стан та тенденції розвитку вугільної промисловості в Україні та її екологічні проблеми

1.2 Збагачувальні фабрики як джерело техногенного навантаження на довкілля

1.3 Нормативно-правові засади охорони довкілля у вугільній промисловості

2 Умови, об'єкт та методи дослідження

2.1 Природно-кліматична характеристика території функціонування об'єкта дослідження

2.2 Характеристика об'єктів збагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія»

2.3 Методика виконання досліджень

3 Результати досліджень

3.1 Еколого-технологічний аналіз схеми збагачення вугілля на збагачувальній фабриці ПАТ «Львівська вугільна компанія»

3.2 Використання природних ресурсів і утворення відходів виробництва

3.3 Основні джерела забруднення довкілля

3.4 Забруднення атмосферного повітря

3.5 Вплив виробничих відходів на поверхневі та підземні води

3.6 Вплив породного відвалу та хвостосховищ на ґрунти

3.7 Вплив процесів збагачення вугілля на біоту

3.8 Результати екологічного моніторингу території

3.9 Заходи з мінімізації негативного впливу на довкілля

4 Охорона праці та захист населення в надзвичайних ситуаціях

4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві

4.2 Заходи щодо покращення гігієни праці, техніки безпеки та пожежної безпеки

4.3 Захист населення від наслідків надзвичайних ситуацій

Висновки

Бібліографічний список

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			
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 «Огляд літератури»	14.10.24-31.03.25
2	Написання розділу «Умови, об'єкт та методи досліджень»	01.04.25-31.05.25
3	Написання розділу «Результати досліджень»	01.06.25-30.09.25
4	Написання розділу «Охорона праці та захист населення в надзвичайних ситуаціях», формулювання висновків за результатами проведених досліджень, укладання бібліографічного списку	01.10.25-02.12.25

Студент _____ Андрій ВАСЬКІВ
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Тетяна ДАЦКО
(підпис)

Аналіз екологічних наслідків процесу збагачення кам'яного вугілля на підприємстві «Львівська вугільна компанія» та розробка заходів щодо мінімізації впливу на довкілля. Васьків А. Т. Кваліфікаційна робота. Кафедра екології та захисту довкілля. Дубляни, Львівський НУВМБ ім. С. З. Гжицького, 2025.

69 стор. текст. част., 3 табл., 5 рис., 47 джерел, 2 додатки.

У роботі проведено аналіз сучасного стану вугільної промисловості України та її екологічних проблем. Розглянуто технологічні особливості процесу збагачення вугілля. Визначено основні ризики впливу збагачення кам'яного вугілля на навколишнє середовище. Проаналізовано нормативно-правову базу охорони довкілля у вугільній промисловості.

З'ясовано основні джерела впливу об'єктів вуглезбагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія» на компоненти навколишнього середовища. Визначено основні джерела забруднення атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтів, а також оцінено вплив відходів виробництва на біоту. На основі отриманих даних здійснено екологічний моніторинг території діяльності підприємства та оцінено рівень техногенного навантаження.

Запропоновано комплекс заходів із мінімізації негативного впливу на довкілля, що включає модернізацію систем пилогазоочищення, впровадження замкнених циклів водопостачання, рекультивацію та фітомеліорацію породного відвалу, утилізацію відходів збагачення та використання енергозберігаючих технологій.

Розроблено питання охорони праці та захисту населення у надзвичайних ситуаціях на збагачувальній фабриці ПАТ «Львівська вугільна компанія».

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Стан та тенденції розвитку вугільної промисловості в Україні та її екологічні проблеми.....	9
1.2 Збагачувальні фабрики як джерело техногенного навантаження на довкілля.....	11
1.3 Нормативно-правові засади охорони довкілля у вугільній промисловості.....	16
2 УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	19
2.1 Природно-кліматична характеристика території функціонування об'єкта дослідження.....	19
2.2 Характеристика об'єктів збагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія».....	23
2.3 Методика виконання досліджень.....	26
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	29
3.1 Еколого-технологічний аналіз схеми збагачення вугілля на збагачувальній фабриці ПАТ «Львівська вугільна компанія».....	29
3.2 Використання природних ресурсів і утворення відходів виробництва.....	31
3.3 Основні джерела забруднення довкілля.....	33
3.4 Забруднення атмосферного повітря.....	34
3.4.1 Особливості емісії поллютантів в повітряне середовище від збагачувальної фабрики.....	34
3.4.2 Вплив породного відвалу на якість повітря.....	38
3.4.3 Відповідність санітарно-захисної зони об'єктів збагачувальної фабрики нормативним вимогам.....	39
3.5 Вплив виробничих відходів на поверхневі та підземні води.....	40

3.6 Вплив породного відвалу та хвостосховищ на ґрунти.....	42
3.7 Вплив процесів збагачення вугілля на біоту.....	45
3.8 Результати екологічного моніторингу території.....	46
3.9 Заходи з мінімізації негативного впливу на довкілля.....	48
3.9.1 Технологічні шляхи зменшення викидів і відходів.....	48
3.9.2 Сучасні методи рекультивації та фітомеліорації відвалів.....	49
3.9.3 Системи очищення стічних вод і пилогазових викидів.....	50
3.9.4 Перспективи впровадження безвідходних та енергозберігаючих технологій.....	50
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	52
4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві.....	52
4.2 Заходи щодо покращення гігієни праці, техніки безпеки та пожежної безпеки.....	54
4.3 Захист населення від наслідків надзвичайних ситуацій.....	57
ВИСНОВКИ.....	61
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	63
ДОДАТКИ.....	68

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку суспільства характеризується зростанням техногенного навантаження на довкілля, що зумовлює низку глобальних і регіональних екологічних проблем [4, 6, 36]. В Україні, яка має значний індустриальний потенціал і традиційно розвинену вугільну промисловість, одним із найбільш екологічно небезпечних секторів економіки залишається видобуток і переробка кам'яного вугілля [3, 21, 38].

Процеси видобутку та збагачення вугілля супроводжуються утворенням значних обсягів відходів, серед яких особливу небезпеку становлять породні відвали (терикони) і хвостосховища. Вони є джерелами довготривалого негативного впливу на атмосферне повітря, водні ресурси, ґрунти та біоту [19, 45, 46, 47]. Продукти горіння териконів, вимивання важких металів, токсичних солей із відвалів, а також забруднені стічні води збагачувальних фабрик суттєво погіршують екологічний стан прилеглих територій, створюють загрози здоров'ю населення та обмежують можливості сталого природокористування [11, 23, 37].

У Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні, який є головним центром вуглевидобутку західного регіону України, сконцентровані значні техногенні навантаження [28, 31]. Тут розташована єдина у регіоні центральна збагачувальна фабрика, що підпорядковується ПАТ «Львівська вугільна компанія». Її діяльність забезпечує виробництво вугільного концентрату для потреб енергетики та металургії, але водночас супроводжується суттєвими екологічними ризиками [41]. Відтак, необхідною є оцінка масштабів впливу виробничих процесів фабрики на довкілля з урахуванням сучасних вимог екологічної безпеки. На основі цього є потреба у пошуку ефективних заходів мінімізації забруднень, включно з впровадженням безвідходних та енергозберігаючих технологій. Не менш важлива також рекультивація та фітомеліорація техногенно порушених територій для їх відновлення та повернення у господарський обіг [9, 31, 43]. А на сьогодні першочерговим є

соціальний аспект будь-якого виробничого процесу, оскільки погіршення екологічного стану сприяє зростанню рівня захворюваності населення у гірничопромисловому районі.

Таким чином, проблема зменшення негативних наслідків діяльності збагачувальних фабрик є актуальною як у науковому, так і в практичному вимірі. Її вирішення сприятиме покращенню екологічної ситуації у Львівсько-Волинському басейні, забезпеченню сталого розвитку регіону та підвищенню рівня екологічної безпеки населення.

Метою кваліфікаційної роботи стало визначення масштабів та характеру екологічних наслідків діяльності збагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія» та обґрунтування комплексу заходів щодо зменшення негативного впливу на довкілля.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати стан та екологічні проблеми вугільної промисловості України;
2. Розглянути роль збагачувальних фабрик у формуванні техногенного навантаження на навколишнє середовище;
3. Дослідити природно-кліматичні умови та особливості території розташування збагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія»;
4. Виконати еколого-технологічний аналіз схеми збагачення вугілля на підприємстві;
5. Оцінити масштаби забруднення атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, ґрунтів і біоти;
6. Обґрунтувати пріоритетні напрями зменшення техногенного навантаження шляхом впровадження сучасних природоохоронних технологій, включаючи очищення викидів та рекультивацію.

Об'єкт дослідження: техногенний вплив виробничої діяльності збагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія» на компоненти довкілля.

Предмет дослідження: екологічні наслідки процесу збагачення

кам'яного вугілля та функціонування породного відвалу і хвостосховищ.

Методи дослідження: аналіз і узагальнення літературних джерел та нормативно-правових актів; еколого-технологічний аналіз виробничих процесів; методи моніторингу якості атмосферного повітря, вод і ґрунтів; статистичний та порівняльний аналіз.

Практичне значення: результати дослідження можуть бути використані органами місцевого самоврядування, підприємствами вугільної промисловості та екологічними службами при плануванні природоохоронних заходів, проведенні рекультиваційних робіт.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Стан та тенденції розвитку вугільної промисловості в Україні та її екологічні проблеми

Вугільна промисловість є історично та стратегічно важливою базовою галуззю української економіки. Вона забезпечує значну частину національного енергетичного балансу, особливо теплової генерації. Однак, за даними останніх наукових публікацій та аналітичних звітів, галузь перебуває у стані глибокої структурної кризи та характеризується низкою системних проблем [3, 12, 18, 26]: зменшення видобутку, застаріла інфраструктура, економічна нерентабельність тощо.

З 2014 року відбулося значне скорочення обсягів видобутку вугілля, переважно через втрату контролю над шахтами на тимчасово окупованих територіях Донбасу, де були зосереджені основні потужності. Шахтний фонд, що залишився під контролем України, має складні гірничо-геологічні умови (глибоке залягання пластів, велика газоносність), що ускладнює видобуток і знижує його економічну доцільність [21, 29].

Значна частина державних вугледобувних підприємств працює з критично зношеним обладнанням та без належної модернізації протягом десятків років. За оцінками експертів, рівень зносу основних фондів на багатьох шахтах перевищує 80 %, що обумовлює низьку продуктивність праці та високу собівартість кінцевої продукції [3].

Через високу собівартість вітчизняне вугілля часто є неконкурентоспроможним порівняно з імпортом, що призводить до необхідності системного державного дотування для покриття виробничих збитків. Ця ситуація створює замкнене коло, стримуючи необхідну реструктуризацію та інвестиції у підвищення ефективності [38].

Окрім зазначеного вище, на сьогодні спостерігаються тенденції реструктуризації та енергетичний перехід. Домінуючою тенденцією на

сучасному етапі є необхідність «справедливої трансформації». Ця концепція, що активно підтримується міжнародними партнерами, передбачає поступову відмову від вугілля в рамках декарбонізації енергетичного сектору та розробку регіональних програм для соціально-економічного розвитку вугільних мономіст і працевлаштування шахтарів [21, 40].

Інтенсивна виробнича діяльність вугільної промисловості, включно з видобутком, транспортуванням та переробкою (збагаченням), створює масштабне техногенне навантаження на природне середовище, яке класифікується за впливом на основні компоненти довкілля [12, 33].

Найбільш вагомим є забруднення та деградація літосфери за рахунок утворення відходів збагачення та їх складування. Однією з найбільш візуально помітних та екологічно небезпечних проблем є утворення породних відвалів (териконів) та шламонакопичувачів. На вуглевидобувних і вуглезбагачувальних підприємствах щорічно накопичується значний обсяг відходів, частина з яких потребує складування. Терикони є джерелами пилового забруднення атмосфери та ґрунтів; термічного забруднення внаслідок процесів самозаймання вугільних фракцій; хімічного забруднення ґрунтових вод і ґрунтів через вилуговування токсичних речовин і важких металів з породи. Окрім цього, спостерігається порушення геомеханічної рівноваги, адже підземний видобуток призводить до формування зсуву на земній поверхні, спричиняючи просідання, деформацію та заболочення значних територій. Як наслідок – виведення земель з сільськогосподарського користування та руйнування інфраструктури [20, 29].

Вуглевидобуток та збагачення його продуктів спричиняє забруднення гідросфери. Усі шахти змушені постійно відкачувати значні обсяги води. Шахтні води характеризуються високим рівнем мінералізації та вмістом токсичних елементів та сполук – сульфатів, хлоридів, важких металів [25]. Скидання цих вод у поверхневі водотоки різко погіршує якість річкових вод та загрожує забрудненням джерел питного водопостачання.

Серйозними є гідрогеологічні наслідки ліквідації шахт. Так,

неконтрольоване затоплення недіючих або ліквідованих шахт, що особливо актуальне для тимчасово окупованих територій, але має місце і в західних регіонах, призводить до підвищення рівня ґрунтових вод, засолення ґрунтів та масового виходу високомінералізованих вод на поверхню. Це становить загрозу для всієї екосистеми регіону [9].

Забруднення повітряного середовища відбувається внаслідок емісії парникових газів. Так, вугільна промисловість є одним із головних джерел викидів метану, як у процесі вентиляції шахт, так і при відкритому горінні породних відвалів. Процеси видобутку, транспортування та особливо збагачення (сушіння, подрібнення) вугілля супроводжуються значною емісією вугільного пилу та твердих частинок (золи), які негативно впливають на якість атмосферного повітря та здоров'я населення прилеглих територій [28, 39].

Таким чином, функціонування вугільної промисловості та її переробного комплексу, зокрема, збагачувальних фабрик, створює комплексний екологічний ризик, який потребує негайної розробки та впровадження ефективних заходів щодо його мінімізації.

1.2 Збагачувальні фабрики як джерело техногенного навантаження на довкілля

Вуглезбагачувальні фабрики є об'єктами, де відбувається фінальна стадія переробки вугілля. З одного боку, збагачення вугілля підвищує його теплотворну здатність та знижує зольність. З іншого – технологічний процес супроводжується концентрацією екологічних ризиків, оскільки саме на таких фабриках відбувається утворення та концентрування практично всіх видів відходів гірничодобувного циклу [47].

Збагачувальна фабрика включає комплекс виробничих будівель і споруд, призначених для переробки кам'яного вугілля з метою підвищення його якості, вилучення пустої породи й одержання товарної продукції, що відповідає енергетичним і технологічним вимогам [34]. Основними

складовими фабрики є приймальне відділення, дробильно-сортувальний комплекс, корпус збагачення, відділення згущення та зневоднення, сушильний цех, хвостове господарство, а також допоміжні та енергетичні об'єкти (рис. 1.1).

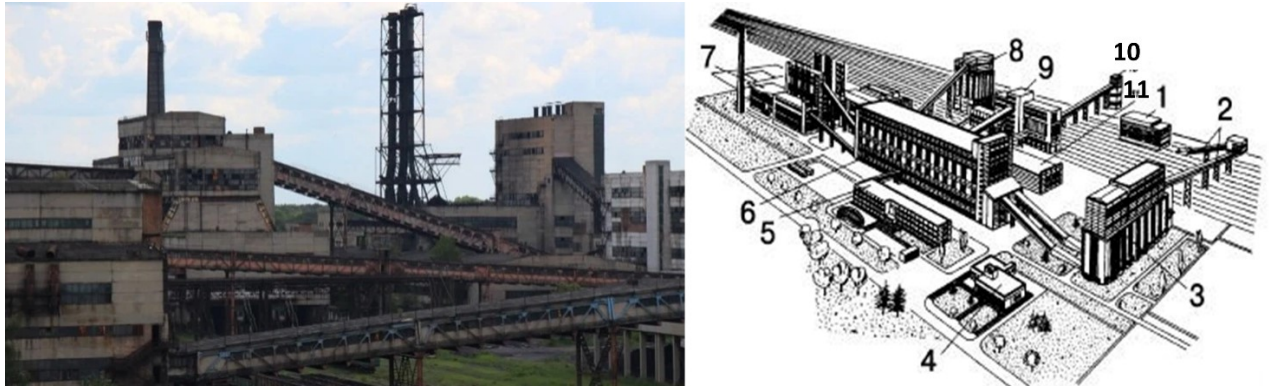


Рисунок 1.1 – Планувальна структура промислового комплексу збагачувальної фабрики:

- 1 – пристрій для розвантаження вагонів; 2 – транспортні галереї;
- 3 – акумулюючо-дозувальні бункери; 4 – приміщення їдальні;
- 5 – адмінпобутовий блок; 6 – головний виробничий корпус;
- 7 – сушильний цех; 8, 9 – бункери навантаження готової продукції;
- 10 – бункер відходів; 11 – механічні майстерні.

Після надходження на фабрику сире вугілля транспортується у приймальні бункери, де відбувається його первинне накопичення та дозування.

Далі сировина подається на дробильне відділення, де великі фракції подрібнюються до необхідного розміру, що забезпечує ефективність подальших процесів збагачення. Подрібнене вугілля надходить на грохочення, де за допомогою сит здійснюється розділення за крупністю на кілька технологічних класів [47].

Процес збагачення полягає у селективному розділенні мінеральної частини та органічної маси вугілля за різницею у фізико-хімічних властивостях, зокрема густині, змочуваності, магнітній сприйнятливості та поверхневих характеристиках. Залежно від фракційного складу й властивостей сировини використовуються різні методи збагачення –

гравітаційні, флотаційні, магнітні та комбіновані [37].

Для крупних і середніх класів застосовується гравітаційне збагачення у важких середовищах (суспензіях магнетиту або феросиліцію), де вугілля спливає, а порода осідає.

Дрібні фракції очищуються у відсаджувальних машинах або гідроциклонах, де поділ частинок відбувається під дією висхідних потоків води. Найдрібніші шлами (менше 0,5 мм) збагачуються методом флотації – у флотаційних машинах із застосуванням реагентів-збирачів, що сприяють прилипанню вугілля до бульбашок повітря і його спливанню на поверхню у вигляді піни [23].

Після збагачення продукти підлягають зневодненню: концентрат осушується у центрифугах або фільтр-пресах, а відходи згущуються у згущувачах.

Отримані водно-шламові суміші надходять у хвостосховища, де відбувається відстоювання твердих частинок і повернення освітленої води у технологічний цикл.

У сушильному цеху відбувається доведення вологості готового вугільного концентрату до нормативного рівня (6–8 %), після чого він спрямовується до складів або у навантажувальні бункери для відправлення споживачам.

Відходи виробництва (порода, шлам, зола) транспортуються на породні відвали або у спеціальні хвостосховища.

До складу фабрики також входять допоміжні підрозділи – механічні та ремонтні майстерні, лабораторія контролю якості, енергетичне господарство, транспортна інфраструктура, а також системи водоочищення й аспірації. Усі ці елементи утворюють єдиний технологічний комплекс безперервної дії, що забезпечує стабільну якість концентрату та мінімізацію втрат корисної сировини.

Сучасні збагачувальні фабрики дедалі частіше впроваджують автоматизовані системи керування технологічними процесами, які дозволяють

підтримувати оптимальні режими розділення, контролювати витрати реагентів і води, а також своєчасно реагувати на зміни у властивостях сировини [47]. Це сприяє підвищенню ефективності виробництва, економії енергоресурсів і зменшенню техногенного навантаження на довкілля.

За даними досліджень [20, 26, 32], технологічний процес збагачення є інтенсивним споживачем природних ресурсів (особливо води) та генератором вторинних забруднювачів, зокрема твердих великотоннажних відходів (порода з відвалів), дрібнодисперсних водно-шламових відходів (хвости флотації), високозабруднених технологічних стічних вод з хімічними реагентами.

Екологічна небезпека збагачувальних фабрик посилюється їхньою високою концентрацією в окремих регіонах, що призводить до кумулятивного ефекту техногенного навантаження на обмежені території [11, 42].

Для адекватного аналізу екологічних наслідків необхідно чітко розрізняти два основні типи об'єктів, призначених для зберігання відходів збагачувальних фабрик: породні відвали (терикони) та хвостосховища (шламонакопичувачі) [23, 37].

Відвали є місцями складування крупнозернистої пустої породи та відсівів, які відділяються на стадії грохочення та важкосередовищного збагачення. Їхній вплив на довкілля є багатовекторним. Так, відвали створюють антропогенні ландшафти, виводячи з господарського обігу значні площі родючих земель. Як зазначено [9, 31], порушені землі часто мають змінені фізико-хімічні властивості, що ускладнює їхню подальшу рекультивацію.

Критичною проблемою є самозаймання відвалів. Порода часто містить залишки вуглецю та сульфідів заліза (пірит), окислення яких призводить до екзотермічних реакцій. Горіння териконів супроводжується інтенсивним виділенням парникових газів (CO_2 , CO , CH_4) та високотоксичних сполук, включаючи діоксид сірки (SO_2), що спричиняє кислотні опади та локальне теплофізичне забруднення [19].

Під дією атмосферних опадів, вода, проходячи через тіло відвалу, насичується продуктами окислення піриту, що призводить до формування кислих дренажних вод. Ці води мають низький рН і високу концентрацію важких та кольорових металів (Fe, Mn, Zn, Cu), що є джерелом стійкого хімічного забруднення ґрунтових і поверхневих водних об'єктів [12, 25].

Хвостосховища – це спеціалізовані гідротехнічні споруди, призначені для складування дрібнодисперсних відходів (шламу, хвостів флотації), що утворюються в процесі мокрого збагачення [39]. Вода хвостосховищ містить залишки хімічних реагентів-флокулянтів і піноутворювачів, які є токсичними. Крім того, небезпека пов'язана з ризиком катастрофічних проривів дамб [32], що може спричинити масштабне фізичне та хімічне забруднення річкових систем на значній території. Фільтрація високомінералізованих вод через захисні екрани (або їх відсутність) призводить до забруднення підземних водоносних горизонтів.

Після висихання поверхневих ділянок шлам, що складається з частинок розміром менше 0,1 мм, стає надзвичайно вразливим до вітрової ерозії. Пилові бурі з шламонакопичувачів переносять дрібні фракції вугілля та породи, що містять важкі метали, на прилеглі житлові та сільськогосподарські території, погіршуючи якість атмосферного повітря та негативно впливаючи на здоров'я населення [32, 46].

Експлуатація збагачувальних фабрик спричиняє геотехнічну нестабільність: маса хвостосховищ створює значне техногенне навантаження на земну кору, провокуючи локальні геодинамічні процеси та порушуючи природний гідрологічний режим території [32].

Таким чином, техногенний вплив збагачувальних фабрик є комплексним, системним і охоплює усі природні середовища. Його мінімізація вимагає розробки не лише природоохоронних, а й ресурсозберігаючих та безвідходних технологій збагачення, а також ефективних методів утилізації та рекультивації породних відвалів та хвостосховищ.

1.3 Нормативно-правові засади охорони довкілля у вугільній промисловості

Правове регулювання екологічних аспектів функціонування вугільної промисловості та її переробного комплексу в Україні ґрунтується на багатоланковій системі законодавчих актів, які перебувають у стані постійного пошуку шляхів гармонізації із міжнародним та європейським правом.

Фундаментальні основи екологічної безпеки та раціонального природокористування встановлює Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», визначаючи загальні вимоги до розміщення виробничих сил та дотримання екологічних нормативів [14].

Водночас, ключові інструменти запобігання шкоді довкіллю були впроваджені через Закон України «Про оцінку впливу на довкілля», який зобов'язує суб'єктів господарювання, включаючи вуглезбагачувальні фабрики, проводити обов'язкову процедуру ОВД при проектуванні нових об'єктів або суттєвій реконструкції [13]. Це положення є важливим механізмом попередження, оскільки вимагає публічної оцінки та прогнозування всіх потенційних впливів, які можуть бути спричинені діяльністю збагачувальних фабрик, зокрема забрудненням відвалів, хвостосховищ та скидами технологічних вод.

Спеціальне регулювання використання ресурсів та поводження з відходами вугільної промисловості закріплено у галузевих та секторальних кодексах та законах. Так, Водний кодекс України та відповідні нормативи лімітують якісний та кількісний склад скидів шахтних та стічних вод збагачувальних фабрик, змушуючи підприємства впроваджувати оборотні системи водопостачання та ефективні технології очищення [5]. Це має безпосереднє відношення до проблеми високомінералізованих шахтних вод і стоків, що містять реагенти флотації.

Регулювання у сфері поводження з відходами суттєво змінилося з

прийняттям Закону України «Про управління відходами» (2022), який імплементує європейську ієрархію управління відходами [15]. Це створює правові та економічні передумови для поступового переходу від простого захоронення великотоннажних відходів збагачення (шламу та породи) до їхньої утилізації та повторного використання, що відповідає принципам циркулярної економіки.

На міжнародному рівні, зобов'язання України в рамках Угоди про асоціацію з ЄС вимагають гармонізації національного законодавства з європейським *acquis communautaire*. Ключовим актом тут є Директива 2006/21/ЄС (Mining Waste Directive, MWD), яка встановлює високі стандарти управління відходами видобувної промисловості [44]. Ця Директива вимагає від підприємств класифікувати хвостосховища за рівнем ризику, розробляти детальні плани управління відходами та надавати фінансові гарантії для покриття витрат на рекультивацію та моніторинг об'єктів після їх закриття.

Крім того, приєднання України до міжнародних кліматичних ініціатив, зокрема у рамках Паризької угоди, посилює необхідність правового регулювання викидів метану з вугільних шахт та запровадження систем моніторингу, звітності та верифікації (MRV). Це важливий елемент інтеграції у світову кліматичну політику. Світовий досвід, зокрема досвід Німеччини з її Лігнітним фондом, також демонструє важливість законодавчого забезпечення концепції «Справедливої трансформації», яка гарантує соціально-економічну підтримку вугільних регіонів при поступовому відмові від вугілля [40].

Перспективи подальших змін у правовому полі спрямовані на посилення превентивного контролю та економічної відповідальності. Очікується прийняття секторальних нормативів щодо впровадження найкращих доступних технологій та методів управління, що вимагатиме від збагачувальних підприємств оновлення обладнання та процесів з метою мінімізації забруднення довкілля.

Крім того, ймовірна деталізація технічних вимог до проєктування та експлуатації хвостосховищ з акцентом на їхню геотехнічну стійкість та

протиаварійний захист. Це буде супроводжуватися переглядом ставок екологічного податку та введенням економічних стимулів для інвестицій у екологічно безпечні та безвідходні технології збагачення, що загалом посилює регуляторний тиск на підприємства та сприятиме екологізації вугільного сектору [3, 21, 28, 38, 40].

Отже, нормативно-правові засади вугільної промисловості України перебувають у процесі динамічної євроінтеграційної трансформації, що має особливе значення для мінімізації техногенного впливу, зокрема діяльності підприємств галузі.

У результаті проведеного огляду літературних джерел встановлено, що вугільна промисловість України, залишаючись важливою складовою енергетичного комплексу держави, водночас є одним із найбільших джерел техногенного навантаження на довкілля. Аналіз наукових праць і нормативних документів свідчить, що процеси видобутку, транспортування та збагачення кам'яного вугілля супроводжуються значним забрудненням атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, деградацією ґрунтів та формуванням великих обсягів відходів. Особливо небезпечними для природних екосистем є породні відвали й хвостосховища, які при порушенні умов експлуатації стають джерелами пилу, важких металів і токсичних сполук.

Вивчення досвіду функціонування збагачувальних фабрик показало, що основними напрямками екологізації галузі є вдосконалення технологічних процесів, впровадження систем замкненого водообігу, утилізація відходів та рекультивація порушених територій. Сучасні підходи передбачають поєднання технічних і біотехнологічних рішень, спрямованих на зменшення впливу виробництва на навколишнє середовище.

2 УМОВИ, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Природно-кліматична характеристика території функціонування об'єкта дослідження

Територія функціонування ПАТ «Львівська вугільна компанія» розташована в межах Червоноградського гірничопромислового району Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Природно-кліматичні умови цього регіону мають суттєвий вплив як на технологічні процеси видобутку та збагачення вугілля, так і на формування, поширення та міграцію техногенних забруднень.

Досліджуваний об'єкт – збагачувальна фабрика, знаходиться в північно-західній частині Львівської області, у межах Шептицького району, поблизу міста Соснівка, на лівому березі річки Західний Буг (рис. 2.1).

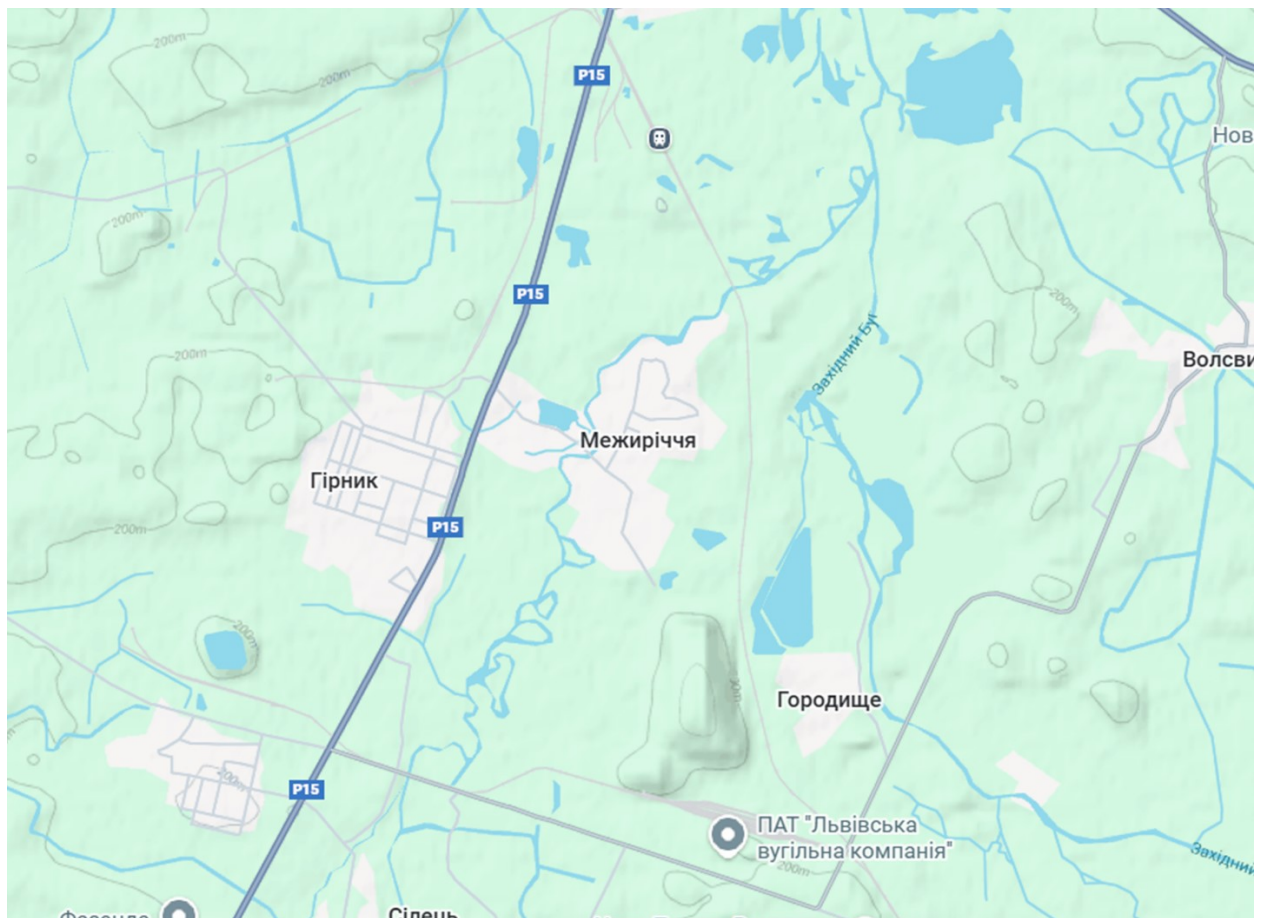


Рисунок 2.1 – Карта-схема району розташування об'єкта дослідження

Територія належить до Західного регіону України і є частиною Волинсько-Подільської височини, яка характеризується переважно рівнинним рельєфом із незначними коливаннями висот [7].

Район дослідження має вигідне географічне розташування – він знаходиться на перетині транспортних шляхів, що з'єднують промислові центри Львівської області з Волинню та Польщею. Середня абсолютна висота території становить 220-250 м над рівнем моря [7]. Це низинно-хвиляста рівнина. Рельєф сформований унаслідок діяльності давніх річкових і льодовикових процесів. У межах промислового району переважають акумулятивно-ерозійні форми рельєфу – пологі схили, широкі долини річок та заболочені пониження.

На території діяльності фабрики спостерігається помірна розчленованість рельєфу, що створює сприятливі умови для розміщення промислових об'єктів. Однак у результаті гірничих робіт і складування відходів сформувалися техногенні ландшафти – відвали, хвостосховища, відстійники, які змінюють природну морфологію місцевості, порушують гідрологічний режим і сприяють ерозійним процесам.

У геологічному відношенні район належить до Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну, що входить до складу південно-західної частини Східноєвропейської платформи. Осадкові породи залягають потужним шаром і представлені переважно пісками, суглинками, глинами, вапняками, а в глибших горизонтах – вугільними пластами карбонової системи [7].

Поклади кам'яного вугілля залягають на глибині 400-800 метрів і характеризуються підвищеною зольністю та вмістом сірки [29]. Саме ці показники визначили необхідність збагачення вугілля перед його використанням у паливно-енергетичному комплексі. Крім вугілля, у геологічному розрізі трапляються поклади вапняків, мергелів і глин, які використовуються як будівельні матеріали.

Основною водною артерією району є річка Західний Буг, що належить до басейну Балтійського моря і має загальну протяжність у межах України

близько 392 км. У районі дослідження її долина асиметрична, з широкою заплавою, у якій місцями розвинені заболочені ділянки. До приток Західного Бугу належать дрібні водотоки – річки Рата, Солокія, Болотнянка, які виконують важливу роль у формуванні місцевого водного балансу. Водний режим території переважно дощово-сніговий, з весняними паводками та літньо-осінніми дощовими підйомами рівнів [7].

Значну роль у гідрологічній структурі відіграють техногенні водойми, створені внаслідок діяльності шахт і фабрики: ставки-відстійники, шламонакопичувачі, хвостосховища. Вони накопичують значні об'єми забруднених стічних вод, що становить потенційну загрозу для поверхневих і підземних водних горизонтів.

За кліматичними характеристиками територія належить до помірно-континентальної зони, що характеризується м'якою зимою та теплим літом. Середня багаторічна температура січня становить $-4...-5$ °С, липня – $+18...+19$ °С. Абсолютні мінімальні температури сягають -25 °С, а максимальні – до $+35$ °С [7].

Річна кількість опадів коливається в межах 600-700 мм, причому найбільша їх частка припадає на літній період. Тривалість снігового покриву впродовж року – 80-90 днів. Вітровий режим характеризується переважанням західних і північно-західних напрямків із середньою швидкістю 3-4 м/с [7]. Має прямий вплив на процеси пилової ерозії з породних відвалів та хвостосховищ, а також на розсіювання викидів в атмосфері.

Кліматичні умови сприяють розвитку сільського господарства, проте створюють певні ризики для промислових об'єктів. Висока вологість, значна кількість опадів у поєднанні з такими геологічними факторами як обводненість, наявність сірчистих сполук у породі створюють ідеальні умови для вилуговування токсичних компонентів із відвалів та хвостосховищ, а також їхньої латеральної та радіальної міграції. Це може призводити до забруднення поверхневих і підземних вод, ґрунтів [35].

У межах району переважають дерново-підзолисті та сірі лісові ґрунти,

сформовані на лесоподібних суглинках, а у заплавах річок – лучно-болотні та торф'яністи ґрунти [7]. Родючість ґрунтів середня, однак на порушених гірничими роботами територіях спостерігаються зміни структури ґрунтового профілю, підвищений вміст важких металів, зниження біологічної активності.

Рослинний покрив представлений переважно мішаними лісами, у яких домінують сосна, дуб, вільха, береза, а також лісові та лучні трави [31]. У межах техногенно порушених ділянок природна рослинність практично відсутня або перебуває у пригніченому стані. У зонах відвалів спостерігаються поодинокі види рослин-піонерів, здатних витримувати високий рівень мінералізації ґрунту та дефіцит поживних речовин.

Район діяльності збагачувальної фабрики має високий рівень антропогенної трансформації природного середовища. Інтенсивна господарська діяльність, пов'язана з видобутком та переробкою вугілля, призвела до деградації природних ландшафтів, зниження біорізноманіття та забруднення компонентів довкілля. Найбільше порушені ділянки спостерігаються у межах породних відвалів, хвостосховищ і територій шахтних водовідливів. Однак природні умови регіону зберігають потенціал для екологічної реабілітації. Сприятливий клімат, достатня кількість опадів, наявність природних лісових масивів і луків створюють можливості для проведення рекультивації та фітомеліорації техногенно порушених земель [31].

Отже, природно-кліматичні умови району розташування збагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія» є загалом сприятливими для промислового та сільськогосподарського освоєння території. Водночас рівнинний рельєф, близьке залягання ґрунтових вод, значна кількість опадів і вітрова активність створюють підвищену вразливість довкілля до техногенних змін. Ці чинники необхідно враховувати при розробці заходів з мінімізації впливу збагачувальної фабрики на навколишнє природне середовище та при проєктуванні рекультиваційних робіт.

2.2 Характеристика об'єктів збагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія»

Промисловий майданчик вуглезбагачувальної фабрики займає значну площу (у сотнях гектарів) і включає виробничі корпуси, складські майданчики, енергетичні та комунальні споруди, систему під'їзних колій і автотранспортні під'їзди (рис. 2.2). Географічне розташування забезпечує прямі логістичні зв'язки з шахтами Львівсько-Волинського басейну та шляхами відвантаження продукції.

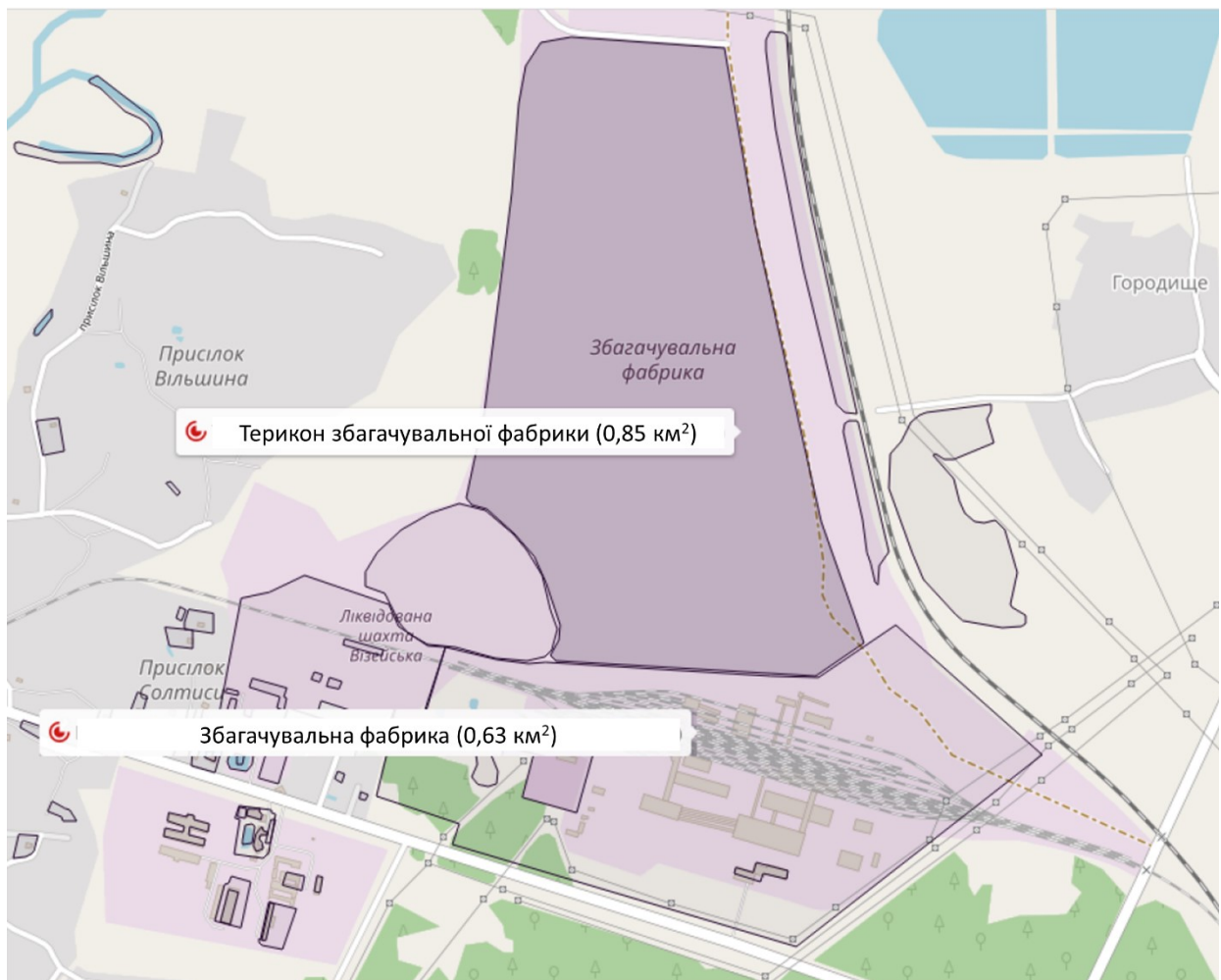


Рисунок 2.2 – Схема розташування збагачувальної фабрики [19]

Збагачувальна фабрика Публічного акціонерного товариства «Львівська вугільна компанія» є головним переробним підприємством у структурі Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Її діяльність

безпосередньо спрямована на підвищення товарної якості вугілля (товарного концентрату) для подальшого використання у теплоенергетиці та промисловості шляхом відділення породи, що міститься у вихідній сировині. Фабрика побудована для комплексного збагачення рядового вугілля, підготовки високозольних вугільних руд Західного регіону.

У регіоні наприкінці 1979 року попередниця досліджуваного об'єкту – Центральна збагачувальна фабрика «Червоноградська», була введена в експлуатацію за типовим проєктом інституту «Південдіпрошахт». Її проєктна річна потужність становила близько 9,6 млн т рядового вугілля. Це робило підприємство одним із найбільших подібних комплексів у Європі на момент будівництва [41]. Така історична характеристика визначає як технологічну масштабність устаткування, так і обсяги породних і шламових відходів, притаманних фабриці.

У структурі збагачувальної фабрики функціонують основні виробничі об'єкти – приймальні й навантажувальні бункери, транспортні галереї, дробильне, сушильне та збагачувальне відділення, а також хвостосховища та породний відвал. Допоміжні споруди включають адміністративно-побутові приміщення, котельня, компресорні, ремонтні майстерні, лабораторію якості, системи очищення води й забезпечення енергопостачання. Технологічна схема підприємства традиційно охоплює: отримання рядового вугілля, дробильно-сортувальне відділення, класифікацію по крупності, сепаратори для крупних і середніх класів, гідроциклонні та шламові технології для дрібних фракцій, систему зневоднення, сушильні установки та бункери для готового концентрату.

Породний відвал та хвостосховища (ставки-відстійники) є місцями накопичення відходів збагачення (рис. 2.3). Через великий обсяг породної маси та шламів ці споруди займають значні площі (додаток А) та створюють постійні екологічні ризики: пилові викиди, фільтрацію забруднених розчинів у ґрунт і підземні води, імовірність самозаймання відвалів.



Рисунок 2.3 – Схема розташування структурних одиниць збагачувальної фабрики [41]:

1, 2 – хвостосховища, 3 – терикон.

За останні два десятиліття структура власності і управління фабрики проходила кілька змін (передача в оренду, приватизаційні процеси, судові суперечки), що впливало на інвестиційну спроможність підприємства та обсяг модернізаційних робіт загалом у межах підприємства. Загальновідомим є факт, що стан юридичної особи та питання фінансового стану мають безпосереднє відображення у можливості реалізації капітальних природоохоронних заходів.

Модернізаційні вкладення у технологічне переоснащення фабрики в

останні роки були фрагментарними: окремі ремонти і реконструкції виконувались, але обладнання далеко не завжди працює в повному обсязі, що впливає на рівень втрат вугілля та обсяги неконтрольованих викидів і скидів.

Підприємство є одним із великих роботодавців у населених пунктах поруч (Соснівка, Гірник, Сілецька, Червоноградська міські громади), тому питання його функціонування мають одночасно екологічну, економічну та соціальну складові. Будь-які заходи з мінімізації негативного впливу або реорганізації виробництва повинні враховувати соціальні наслідки для місцевих громад та можливості працевлаштування.

Таким чином, досліджувана збагачувальна фабрика має масштабну технологічну інфраструктуру, спроектовану та запущену в кінці 1970-х рр., що визначає великі потенційні обсяги відходів і суттєві екологічні ризики. Оскільки підприємство проходило низку змін у власності та управлінні, що ускладнило проведення комплексної реконструкції природоохоронних систем. Вочевидь, найгостріші екологічні проблеми пов'язані з породним відвалом, ставками-відстійниками і недостатньо модернізованими очисними технологіями.

2.3 Методика виконання досліджень

Методика досліджень дозволила здійснити комплексний аналіз техногенного впливу процесів збагачення кам'яного вугілля на компоненти природного середовища в межах діяльності ПАТ «Львівська вугільна компанія». Її основними завданнями стали:

- визначення структури і масштабів впливу окремих виробничих об'єктів на атмосферне повітря, водні ресурси, ґрунти та біоту;
- виявлення основних джерел утворення відходів і викидів;
- проведення оцінки рівня забруднення середовища;
- узагальнення результатів для розробки природоохоронних заходів.

Використані методичні підходи базуються на поєднанні лабораторних, аналітичних, статистичних та польових досліджень. В їх основі покладені принципи системності та комплексності екологічного аналізу.

Об'єктом досліджень є виробнича діяльність збагачувальної фабрики, а саме – технологічні процеси збагачення вугілля, транспортна та енергетична інфраструктура, породний відвал, хвостосховища, прилеглі території, що зазнають техногенного навантаження (додаток А). Предметом є екологічні наслідки функціонування збагачувальної фабрики – зміни у стані атмосферного повітря, водного басейну, ґрунтового покриву та біотичних компонентів довкілля.

Дослідження виконувалось у три основні етапи: аналітично-оглядовий етап (вивчення літературних джерел, нормативно-правових документів, екологічних звітів і паспортів підприємства, систематизація даних про обсяги виробництва, утворення та утилізацію відходів, споживання ресурсів); польовий (експериментальний) етап (відбір проб атмосферного повітря, води та ґрунтів у межах і за межами санітарно-захисної зони підприємства, спостереження за станом територій поблизу відвалу та хвостосховищ); аналітичний етап (лабораторна обробка відібраних проб, статистичне узагальнення результатів, порівняння з нормативами та екологічними стандартами).

Для оцінки якості атмосферного повітря використовувались інструментальні та розрахункові методи. Відбір проб здійснювався на різних відстанях від основних джерел викидів [17]. Аналіз концентрацій проводився за показниками: пил вугільний, оксид вуглецю (CO), діоксид сірки (SO₂), оксиди азоту (NO_x) тощо. Лабораторні визначення виконувалися за методиками, затвердженими ДСТУ ISO 4224:2008, ДСТУ EN 12341:2018, із застосуванням портативних газоаналізаторів типу *Testo 350* і фільтраційних установок для визначення масової концентрації пилу. Отримані дані порівнювались із нормативними значеннями ГДК для населених пунктів, що межують із промисловою зоною підприємства [8].

Дослідження якості води виконувалося з урахуванням гідрографічної мережі річки Західний Буг та штучних водойм (ставків-відстійників, шламонакопичувачів). Аналіз проводився за показниками: рН, сульфати, хлориди, натрій, калій, кальцій, магній, мінералізація [24]. Визначення здійснювалося за методиками ДСТУ ISO 5667-6:2020, ДСТУ 4808:2007, ДСТУ ISO 8192:2009 (ISO 8192:2007, IDT). Отримані результати дозволили встановити рівень антропогенного навантаження на водний басейн та ефективність роботи очисних споруд підприємства.

Для вивчення впливу виробничих процесів на ґрунтовий покрив проводили хімічний аналіз проб ґрунту, відібраних у зонах породного відвалу, хвостосховищ, а також на контрольних ділянках на відстані 2-3 км. У пробах визначались такі показники: вміст важких металів (Ni, Pb, Cr, Cu, Zn); вміст сульфатів; реакція середовища (рН). Аналітичні дослідження виконувалися за ДСТУ 4289:2004, ДСТУ 4770.1–4770.3:2007, із застосуванням фотоколориметричного та атомно-абсорбційного аналізу.

Стан рослинності оцінювався шляхом фітоіндикаційного аналізу на основі обліку видового складу та ступеня покриття ґрунту рослинами-піонерами. Особливу увагу приділяли стану рослин на території відвалів, де спостерігались процеси самозаліснення. Отримані показники дозволили виявити ступінь деградації екосистем і потенціал до природного відновлення.

Зібрані дані піддавались статистичній обробці із застосуванням методів варіаційного та кореляційного аналізу програмних засобів MS Excel.

Методика, що передбачала поєднання інструментальних вимірювань та лабораторного аналізу, забезпечила всебічне дослідження екологічного стану території впливу збагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія», дозволила отримати достовірну оцінку рівня техногенного навантаження. Адже таке застосування стандартизованих методів гарантує порівнюваність результатів і можливість подальшого використання даних для розробки природоохоронних програм [17, 24].

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Еколого-технологічний аналіз схеми збагачення вугілля на збагачувальній фабриці ПАТ «Львівська вугільна компанія»

Технологічна схема збагачення кам'яного вугілля на фабриці ПАТ «Львівська вугільна компанія» побудована за класичною схемою з поетапним розділенням рядового вугілля на фракції різної крупності, з подальшим збагаченням у важких середовищах та відсадкою. Метою технологічного процесу є одержання енергетичного концентрату із зниженим вмістом золи та сірки, придатного для використання на теплових електростанціях. Збагачення дозволяє зменшити зольність палива з 35-40 % до 15-18 %, а також підвищити теплотворну здатність готового продукту.

Технологічний процес збагачення починається з приймання та розвантаження рядового вугілля, яке надходить із шахт, що підпорядковуються державним підприємствам «Львіввугілля» і «Волиньвугілля». Вугілля подається у дробарно-сортувальне відділення, де проходить первинне очищення від металевих включень та великогабаритних домішок. Далі матеріал подається на грохот. У результаті виділяється фракція понад 150 мм, яка підлягає подрібненню. Основний потік класу 0-150 мм накопичується у дозувально-акумулюючих бункерах і надалі передається у головний корпус для класифікації.

Перший етап технологічної схеми включає мокру та суху класифікацію. Внаслідок цього вугілля розділяється на два основні машинні класи – крупний (більше 13 мм) і дрібний (розміром 0-13 мм). Збагачення крупного класу проводиться у важкому середовищі на сепараторах типу СКВП-32 з використанням магнетитової суспензії. Цей метод базується на різниці густини вугілля та пустої породи. Вугільний концентрат спливає і направляється на зневоднення, тоді як важка фракція породи осідає та виводиться в породний відвал.

Дрібний клас збагачується гідравлічною відсадкою у відсаджувальних машинах типу МО-24. У цьому процесі використовуються коливання потоку води, що створюють пульсації, які забезпечують ефективне розділення частинок за густиною. В результаті отримують дрібний концентрат і породну фракцію. Для тонкодисперсних класів (розміром 0-0,5 мм) застосовуються гідроциклони та згущувачі, де відбувається осадження мінеральних частинок і повернення очищеної води у технологічний цикл.

Особливу увагу в технологічній схемі фабрики приділено системі водообігу. З метою зниження споживання свіжої води більшість технологічних потоків замкнуті у циркуляційну схему. Згущені шлами з гідроциклонів і згущувачів повертаються на повторне зневоднення, а очищена вода використовується повторно в системах транспортування та відсадки. Однак, за наявності певних втрат через випаровування і фільтрацію, виникає необхідність періодичного поповнення запасів свіжої води, що створює додаткове навантаження на місцеві водні ресурси.

З екологічної точки зору технологічний процес збагачення вугілля супроводжується утворенням значної кількості відходів – крупнозернистих порід, шламів і технологічних вод, що містять завислі частинки, токсичні сполуки та важкі метали. Породний відвал займає досить велику площу, спричиняючи вторинне пилове забруднення та ризик самозаймання, тоді як хвостосховища формують ризики забруднення підземних і поверхневих вод.

Енергетична складова процесу також має екологічне значення. Високе споживання електроенергії (понад 28 млн кВт·год на рік) і водних ресурсів (понад 900 тис. м³) свідчить про значну енергоємність виробництва. Неефективність частини агрегатів, зокрема старих насосних станцій і грохотів, призводить до перевитрат електроенергії та підвищення питомих викидів парникових газів при виробництві електроенергії для забезпечення технологічного процесу.

Важливим аспектом є поводження з магнетитовою суспензією, що застосовується у процесі збагачення. Її втрати під час роботи сепараторів

призводять до підвищення вмісту заліза у технологічних водах. Для зменшення цього впливу на фабриці діє система регенерації суспензії, яка здійснюється за допомогою електромагнітних сепараторів у два етапи, що дозволяє знизити втрати магнетиту до мінімальних рівнів.

Загалом, аналіз технологічної схеми свідчить, що основними екологічними чинниками впливу є: високий рівень споживання ресурсів, утворення великої кількості твердих і рідких відходів, потенційне забруднення атмосфери та водного середовища пилом, шламами й газоподібними продуктами. Разом з тим, система збагачення вугілля має і позитивні еколого-економічні аспекти, адже дозволяє суттєво підвищити якість енергетичного палива, зменшити обсяги шкідливих викидів при спалюванні вугілля та частково замкнути водний цикл.

Отже, проведений еколого-технологічний аналіз показує, що схема збагачення вугілля на фабриці ПАТ «Львівська вугільна компанія» забезпечує досягнення необхідних показників якості палива, проте потребує вдосконалення з метою зменшення техногенного впливу.

3.2 Використання природних ресурсів і утворення відходів виробництва

У виробничій діяльності збагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія» основними видами споживаних ресурсів є мінеральна сировина, вода, енергоносії, допоміжні реагенти, а основними видами відходів – породні маси, шлами, пилові викиди, відпрацьовані технологічні води та газові викиди сушильних установок.

Річний обсяг переробки вугілля на фабриці становить у середньому 1,8-2,0 млн тонн, із яких утворюється близько 1,1 млн тонн готового вугільного концентрату. Для забезпечення цього процесу використовується значна кількість природних ресурсів, насамперед води та електроенергії.

Вода застосовується для транспортування вугілля гідросумішшю,

гравітаційного розділення у відсаджувальних машинах, флотації дрібних класів, охолодження обладнання та пилопридушення. Загальні потреби фабрики у воді становлять 35-40 м³ на 1 тону готової продукції. Незважаючи на функціонування оборотної системи водопостачання, частина води безповоротно втрачається. Для поповнення водного балансу використовується вода із місцевих джерел, переважно свердловин і частково з поверхневих водотоків. Витрати на очищення та рециркуляцію води становлять значну частку собівартості готової продукції, що свідчить про необхідність модернізації гідротехнічних споруд.

Збагачувальний процес супроводжується високим рівнем енергоспоживання. На роботу грохотів, дробарок, насосних установок, компресорів і сушильних барабанів витрачається понад 25 млн кВт·год електроенергії на рік. Найбільш енергоємними є процеси дроблення та сушіння концентрату, які становлять до 60 % загальних енергетичних витрат.

У процесі збагачення формується значна кількість відходів, серед яких найбільш масовими є породні маси, шлами та пил. Відходи гравітаційного розділення (порожня порода) складають до 40 % від загального обсягу переробленого рядового вугілля, що становить близько 0,7-0,8 млн тонн щороку. Породна маса містить глинисті сланці, пісковики, алевроліти, а також залишкову кількість вуглецевої речовини (до 10-12 %). Частина таких відходів використовується для формування дамб хвостосховищ або засипання кар'єрів, однак більшість накопичується у відвалах.

Шламові відходи утворюються під час флотації та гідроциклонного збагачення дрібних фракцій вугілля. Вони складаються з тонкодисперсних частинок глинистих мінералів і залишків органічної речовини, які утримуються у водній суспензії. Середня концентрація завислих речовин у шламових водах становить 150-250 г/л. Такі відходи накопичуються у хвостосховищах, які займають десятки гектарів і створюють ризик забруднення підземних вод через фільтрацію, а процеси анаеробного розкладу органіки на дні супроводжуються виділенням метану, сірководню та

вуглекислого газу.

Хімічні реагенти, що застосовуються у флотаційних процесах (флокулянти, пінознімачі, емульгатори), становлять незначну частку від загального обсягу ресурсів.

Отже, технологічний процес збагачення кам'яного вугілля є ресурсоемним і відходоутворюючим, а тому потребує подальшого вдосконалення в напрямі впровадження ресурсозберігаючих технологій, зменшення втрат води та енергії, підвищення рівня утилізації відходів і переходу до більш екологічно збалансованих методів виробництва.

3.3 Основні джерела забруднення довкілля

Технологічний процес збагачення кам'яного вугілля створює комплексний негативний вплив на навколишнє середовище, основними факторами якого є забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунтів та виробничий шум. Інші фізичні чинники, такі як ультразвук, вібрація, електромагнітні хвилі та іонізуюче випромінювання, на об'єкті відсутні.

На промисловому майданчику збагачувальної фабрики ідентифіковано 23 джерела викидів в атмосферу (21 організоване, 2 неорганізовані), які умовно можна поділити на три основні групи за типом забруднення:

1. Джерела термічної генерації та газових викидів – котельня КЕ-25-14С, сушарка СБ 3.5·18, розпалювальні печі, кузня ремонтно-механічного цеху. Внаслідок спалювання вугілля ці об'єкти генерують газоподібні забруднювачі – оксиди азоту, сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, а також неорганічний пил (золу) з вмістом оксиду кремнію 20-70 %. Додатково, з димовими газами сушильних барабанів в атмосферу надходить вугільний пил.

2. Джерела пилових викидів від механічних процесів – дробарно-сортувальне відділення, пункти контролю якості, дозувально-акумулюючі та вантажно-складські бункери. Унаслідок перевантаження, транспортування конвеєрами та збагачення вугілля, аспіраційні системи вивільняють в

атмосферу значні обсяги вугільного пилу.

3. Специфічні джерела ремонтно-механічного цеху. Викиди цього цеху включають пил деревини (від деревообробного відділення) та зварювальний аерозоль (сполуки марганцю, оксиди азоту і вуглецю) від зварювальних постів.

Породний відвал, який є неорганізованим джерелом, виділяє пил породи при розвантаженні. Вплив відвалу є комплексним, проявляючись в опосередкованому забрудненні підземних вод та частковому забрудненні верхнього шару ґрунту через атмосферні викиди та стічні води відвалу (у межах ГДК).

На підприємстві функціонують два хвостосховища. Хвостосховище № 1 відпрацьоване, знаходиться у стані природної рекультивації, його береги заросли очеретом, пилове розсіювання та вихід флотаційних вод не спостерігається. Хвостосховище № 2 діюче, там проводиться повторне використання високозольних шламів шляхом їх часткового пониження земснарядом. На низовому укосі дамби фіксуються невеликі виходи фільтраційних вод, які надходять у дренажні канали, опосередковано спричиняючи забруднення поверхневих і підземних вод річок Рата та Західний Буг.

3.4 Забруднення атмосферного повітря

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря на фабриці є дробильно-сортувальні установки, вузли перевантаження та сушильні агрегати.

3.4.1 Особливості емісії полутантів в повітряне середовище від збагачувальної фабрики

У таблиці 3.1 наведена вичерпна інформація про джерела утворення та викиду забруднюючих речовин при збагачення вугілля на фабриці.

Таблиця 3.1 – Джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря на збагачувальній фабриці

Назва джерела	Висота джерела викиду, м	Діаметр джерела викиду, м	Характеристика пило - газоповітряної суміші			Забруднююча речовина	Потужність викиду	
			об'єм, м ³ /с	швидкість м/с	температура °С		г/с	т/рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Котельня Котли KE-25-14C 1 роб. 1 рез.	83,0	3,0	35,575	5,03	155	Азоту двооксид Ангідрид сірчистий Вуглецю оксид Пил неорганічний з вмістом SiO ₂ 70-20% (зола)	3,268 26,0 6,912 2,253	58,60 464,8 123,5 51,08
Сушильне відділення Сушарка СБ 3.5*18	83,0	2,6	46,256	8,71	75	Азоту діоксид Ангідрид сірчистий Вуглецю оксид Пил бурого вугілля	6,478 45,36 13,39 9,898	94,57 663,0 195,8 148,0
Дробарно-сортувальне відділення. ВУ-1 Конвеєр-грохот	23,0	0,9	7,440	11,7	18	Пил бурого вугілля	0,156	4,104
Дробарно-сортувальне відділення. ВУ-3 Конвеєр-грохот	23,0	0,9	7,610	11,9	18	Пил бурого вугілля	0,169	4,459
Дробарно-сортувальне відділення. ВУ-4 Конвеєр-грохот	23,0	0,9	6,750	10,6	18	Пил бурого вугілля	0,108	2,856
Пункт контролю якості вугілля ВУ-1. Конвеєри	26,0	0,6	4,170	14,7	18	Пил бурого вугілля	0,203	5,358
Пункт контролю якості вугілля ВУ-2. Конвеєри	26,0	0,6	4,110	14,4	18	Пил бурого вугілля	0,100	2,651

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дозувально акумуючі бункери. ВУ-7. Конвеєри	46,0	0,6	7,210	25,5	18	Пил бурого вугілля	0,167	4,396
Дозувально акумуючі бункери. ВУ-8. Конвеєри	46,0	0,6	7,390	26,1	18	Пил бурого вугілля	0,176	4,641
Дозувально акумуючі бункери. ВУ-9. Конвеєри	34,0	0,9	7,310	11,4	18	Пил бурого вугілля	0,129	3,400
Дозувально акумуючі бункери. ВУ-10. Конвеєри	34,0	0,9	8,140	12,8	18	Пил бурого вугілля	0,150	3,942
Дозувально акумуючі бункери. ВУ-11. Конвеєри	34,0	0,9	8,610	11,9	18	Пил бурого вугілля	0,157	4,139
Вантажно- складські бункери концентрату ВУ-1. Конвеєри	45,0	0,4	6,670	53,0	18	Пил бурого вугілля	0,172	4,541
Вантажно- складські бункери концентрату ВУ-2. Конвеєри	45,0	0,4	5,580	44,4	18	Пил бурого вугілля	0,137	3,621
Сушильне відділення ВУ-1. Бункер концентрату	28,0	0,6	8,140	28,7	18	Пил бурого вугілля	0,162	4,278
Сушильне відділення. Розпалю- вальні труби (4 дж.).	55,0	1,4	2,010	1,31	150	Азоту двооксид Ангідрид сірчистий Вуглецю оксид Пил неорганічний з вмістом SiO ₂ 70- 20% (зола)	1,292 10,800 3,188 12,800	0,232 1,944 0,572 2,304

Кінець таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
РМЦ. Пост зварювальних робіт	2,0				18	Марганець та його сполуки Аерозоль зварювальний	0,003 0,073	0,073 1,623
РМЦ. Кузня	6,0	0,4	0,352	2,80	50	Азоту двооксид Ангідрид сірчистий Вуглецю оксид Пил неорганічний з вмістом SiO ₂ 70- 20% (зола)	0,004 0,059 0,162 0,063	0,031 0,432 0,117 0,460
РМЦ. Деревообробний цех	7,0	0,56	1,207	4,9	18	Пил деревини	0,038	0,280

Аналіз складу та обсягів викидів свідчить, що найбільшу частку у загальному обсязі забруднюючих речовин становлять сірчистий ангідрид (понад 60 % від загальної маси викидів) та оксид вуглецю. Ці компоненти є основними продуктами неповного згоряння палива у сушильних установках і нагрівальних агрегатах. Їх надлишкові концентрації в атмосфері спричиняють утворення кислотних опадів, фотохімічного смогу та зниження вмісту кисню у приземному шарі повітря. Викиди двооксиду азоту посилюють ці процеси, формуючи токсичні оксиди азоту, що негативно впливають на дихальну систему людини [11].

Суттєву екологічну небезпеку становить також пил неорганічного походження. Частинки діоксиду кремнію здатні тривалий час перебувати у повітрі, осідати на рослинності, спорудах і потрапляти до дихальних шляхів, викликаючи силікоз та інші хронічні захворювання органів дихання [11]. Пил бурого вугілля і вуглепороди поширюється за межі промислового майданчика, спричиняючи вторинне забруднення довколишніх територій.

Незважаючи на те, що викиди марганцю, пилу деревини та зварювального аерозолу становлять незначну частку у загальному балансі забруднюючих речовин, вони мають локальний вплив на робочу зону та можуть призводити до перевищення там нормативів ГДК.

3.4.2 Влив породного відвалу на якість повітря

Породний відвал збагачувальної фабрики сформувався за період понад сорокарічної експлуатації підприємства та нині являє собою значне антропогенне утворення техногенного походження (рис. 3.1). Його висота перевищує 60 метрів, а протяжність сягає кількох кілометрів. Відвал було введено в експлуатацію у 1979 році, і протягом цього часу в ньому накопичено більше 40 млн тонн відходів, що утворилися в процесі збагачення кам'яного вугілля. Загальна площа земель, відведених під породний відвал, становить близько 60 гектарів, а його місткість оцінюється у 27 млн м³. На сьогодні технічні можливості подальшої експлуатації відвалу практично вичерпані.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд породного відвалу збагачувальної фабрики

Породний відвал чинить суттєвий вплив на якість атмосферного повітря навколишніх територій. Унаслідок пересипання породи, природного вивітрювання та термічних процесів у товщі відвалу відбувається інтенсивне утворення пилу, який розповсюджується на значні відстані. Дрібнодисперсний пил містить мінеральні частинки, оксиди заліза, сірки та кремнезему, що при потраплянні у повітря зумовлюють перевищення ГДК твердих частинок. У

літній період при відсутності опадів та вітряній погоді пилове навантаження значно зростає, погіршуючи санітарно-гігієнічний стан навколишніх населених пунктів.

Крім того, у товщі відвалу відбуваються процеси самонагрівання та тління залишків вуглецевмісної речовини, що супроводжується виділенням низки газоподібних продуктів окиснення. Це створює додаткове джерело хімічного забруднення повітряного басейну. Викиди з таких зон тління мають непостійний характер, однак у періоди активного горіння можуть суттєво погіршувати якість повітря поблизу житлових територій.

Отже, породний відвал збагачувальної фабрики є одним із головних джерел пилового та газового забруднення повітря у зоні її впливу. Подальша експлуатація та існування відвалу без рекультиваційних заходів становлять екологічну небезпеку для прилеглих територій.

3.4.3 Відповідність санітарно-захисної зони об'єктів збагачувальної фабрики нормативним вимогам

Забезпечення відповідності меж санітарно-захисної зони нормативним вимогам є необхідною умовою сталого функціонування будь-якого промислового підприємства, зниження рівня техногенного навантаження на прилеглі території та гарантування безпечних умов проживання населення у зоні його впливу. Відповідно до нормативного документа [10], для підприємств вугільної промисловості, що здійснюють збагачення вугілля, рекомендована санітарно-захисна зона становить не менше 300 метрів від межі промислового майданчика до житлової забудови.

Збагачувальна фабрика ПАТ «Львівська вугільна компанія» розташована на південно-західній околиці міста Соснівка, поблизу хутора Вільшина. Санітарно-захисна зона фабрики частково межує з житловими забудовами та сільськогосподарськими угіддями. За результатами аналізу територіального розміщення об'єктів, фактична відстань від меж проммайданчика до найближчих житлових будинків становить близько 200

метрів, що є меншою за нормативно встановлену відстань у 300 метрів (додаток А).

Особливо критичним з екологічної точки зору є розташування породного відвалу, який прилягає безпосередньо до південної межі підприємства. Його схили наближені до житлових садиб на відстань менше 250 метрів. Це призводить до підвищеного пилового навантаження, поширення газів, що виділяються під час тління породи, та погіршення якості атмосферного повітря на прилеглий території.

Отже, проведений аналіз показує, що санітарно-захисна зона збагачувальної фабрики не повністю відповідає вимогам чинних нормативних документів, що створює потенційні ризики для здоров'я населення та стану довкілля.

3.5 Вплив виробничих відходів на поверхневі та підземні води

Аналіз впливу виробничих відходів об'єктів збагачувальної фабрики на водне середовище базується на гідрогеологічних дослідженнях, в ході яких було відібрано 24 проби води з різних точок впливу, включаючи шахтний трубопровід, дренажні канали, річку Рату, озера, а також колодязі в навколишніх селах (Вільшина, Городище) та біля хвостосховищ і відвалу. Результати лабораторних аналізів представлені у табл. 3.2.

Згідно з доступними даними, водоносний горизонт четвертинних відкладів у районі сіл Межиріччя та Вільшина був частково забруднений нітратними сполуками, натрієм та залізом ще до початку вуглевидобутку. Водночас, водоносний горизонт верхньокрейдових відкладів мав задовільну якість. Введення в експлуатацію потужних підприємств вуглевидобутку та збагачення призвело до додаткового забруднення водоносних горизонтів, особливо незахищеного четвертинного горизонту. Забруднення має латеральний характер, поширюючись від джерел транзитом до зон розвантаження. Основними техногенними джерелами забруднення підземних

вод у цьому районі є: витoki з водоводів шахтних вод; породні відвали місцевих шахт та збагачувальної фабрики; хвостосховища; ставок-накопичувач шахтних вод. До уваги необхідно брати той факт, що для території с. Межиріччя та присілка Вільшина характерний високий рівень ґрунтових вод (у середньому 1,4 м).

Таблиця 3.2 – Основні результати аналізу проб води в зоні техногенного впливу об'єктів збагачувальної фабрики

№ проби	Na	K	Ca+Mg	Cl	SO ₄	pH	Мінералізація
1	1600	37,5	473	2788	1296	7,65	6756
2	1000	25	3206	539	10384	6,51	15710
3	15	2,5	106,2	20,2	128,7	7,30	393,6
4	37,5	10	110,2	10,3	101,3	7,40	538,3
5	525,09	12,5	611	710	1528	6,10	3570
6	1550	72,5	5090	567	17194	5,27	24597
7	112,5	13	317	163,3	324	7,30	1300
8	1375	12	2766	1327	9126	3,00	14606
9	38	7,5	158	69,2	216	6,19	630,7
10	140	25	102	54	218	6,93	740,3
11	37	10	178	74	294	6,33	652
12	600	19	280	705	935	8,00	2903
13	80	6,5	226	108	392	7,25	1187
14	117	1	312	154	108	7,05	1060
15	40	4	117	79	113	8,10	699
16	60	12	173	123	311	7,51	800
17	43	46	148	81	319	6,80	743
18	533	9	255	713	557	7,25	2406
19	1000	16	112	1692	531	8,01	3866
21	84	53	85	240	76	5,80	568
22	33	7	40	43	87	6,10	246
23	190	5	366	137	1023	7,10	1997
24	101	27	283	108	652	7,30	1449
ГДК	220		370	350	500	6-9	1000

Вплив породного відвалу збагачувальної фабрики на водні ресурси тісно пов'язаний з утворенням кислих вод, що зумовлене наявністю близько 1 % піриту у заскладованих відходах збагачення. Взаємодія піриту з водою та киснем призводить до його окислення, внаслідок чого утворюється сірчана

кислота та нерозчинні гідроксиди заліза. Сірчана кислота накопичується у підніжжі відвалу, розбавляється і розповсюджується ґрунтовими водами, проте з переміщенням кислотність води поступово нормалізується.

У районі породного відвалу зафіксовано перевищення ГДК за такими показниками: мінералізація, натрій та калій, кальцій та магній, хлориди та сульфати. Ореол забруднення переважно знаходиться в межах нормативної санітарно-захисної зони.

Були визначені границі переміщення забруднених вод: на заході потік обмежується дренажною канавою; на сході потік води прямує до р. Західний Буг; на півночі рух підземних вод зменшує зону можливого забруднення до 100 м від підніжжя; на півдні рух підземних вод спрямований до самого відвалу, що обмежує їхнє забруднення.

Забруднення виходять за межі санітарно-захисної зони в районі присілка Вільшина. Тут поєднується утворення кислоти в підніжжі терикону шахти №8 Великомоствіська, насичення атмосферних вод хімічними компонентами на териконі та проривами водоводів, а також накладається можливий вплив від породного відвалу збагачувальної фабрики.

Площа забруднення підземних вод у районі недіючого хвостосховища № 1 знаходиться в межах нормативної СЗЗ. Діюче хвостосховище № 2 має гідроізоляційний шар, що попереджує негативний вплив на підземні води.

3.6 Вплив породного відвалу та хвостосховищ на ґрунти

Породний відвал та хвостосховища збагачувальної фабрики займають значні площі, змінюють природний рельєф, спричиняють деградацію ґрунтів і формують осередки вторинного забруднення. Вплив хвостосховищ і відвалів на ґрунтове середовище є довготривалим і практично незворотним без застосування рекультиваційних заходів.

Породний відвал фабрики складений пісковиками, алевролітами, глинами, аргілітами, а також містить залишки органічної речовини з

вуглецевмісними сполуками. При окисненні сульфідних мінералів утворюється кислотний дренаж, який просочується через товщу відвалу у підстилаючі породи і потрапляє у ґрунтовий шар. Завдяки своєму хімічному складу дренаж знижує рН ґрунту, призводить до його вторинного засолення та втрати родючості.

Таблиця 3.3 – Результати лабораторних досліджень проб ґрунту з території впливу об’єктів збагачувальної фабрики

Місце відбору проб	рН	Нікель	Сви- нець	Мідь	Цинк	Хром	Суль- фати
Відбір проб листопад 2024р.							
50м на Пд від хвост-ща №1	6,8	1,20	2,78	1,05	6,21	2,84	7718,85
200м на Пн від хвост-ща №1	6,8	2,03	1,49	0,45	0,41	1,08	2590,34
80м на Зх від хвост-ща №2	6,7	0,86	1,62	0,26	0,15	1,90	5336,62
20м на Сх від хвост-ща №2	6,1	0,52	0,68	0,51	0,05	2,18	2025,65
50м на Пн від пород.відвалу	5,2	1,33	1,30	0,15	0,02	1,50	6787,47
80м на Зх від пород.відвалу	7,1	1,18	0,88	0,02	0,72	1,50	2756,66
Фон, 3000м на Пд.-Зх, с.Сілець	6,5	0,45	0,15	0,50	2,10	0,35	1871,42
Відбір проб березень 2025р.							
30м на Пд від хвост-ща №1	6,8	1,661	0,67	1,11	8,25	0,779	7783,85
80м на Зх від хвост-ща №2	6,8	0,518	0,01	0,32	6,26	0,891	2560,34
20м на Сх від хвост-ща №2	6,7	2,239	0,31	1,428	8,38	1,261	5336,62
60м на Пн від пород.відвалу	6,1	0,396	0,24	0,703	2,71	1,191	2025,65
30м на Сх від пород.відвалу	5,2	1,827	0,13	3,706	6,09	0,738	6714,47
200м на Пн від хвост-ща №1	7,1	1,555	1,247	1,186	5,75	0,857	2899,66
Фон, 3000м на Пд.-Зх, с.Сілець	6,5	0,406	0,09	0,565	2,07	0,214	1640,42
Фон, точкова проба, 3000м на Пд.-Зх, с.Сілець	6,5	0,40	0,10	0,57	2,1	0,22	1640,42
ГДК (мг/кг)		4,0	6,0	3,0	23,0	6,0	-

Ґрунти, розташовані на схилах і біля підніжжя породного відвалу, характеризуються підвищеним вмістом заліза, алюмінію, свинцю, цинку та

міді. Це ускладнює розвиток рослинності та гальмує процеси природної рекультивації. У деяких ділянках верхній шар ґрунту перетворюється на щільну глинисто-залізисту кірку, що перешкоджає фільтрації опадів і сприяє поверхневому стіканню забруднених вод у пониження рельєфу.

Особливо інтенсивний негативний вплив спостерігається поблизу хвостосховищ, де накопичуються дрібнодисперсні шлами та завислі речовини. У таких умовах формуються техногенні ґрунти з надмірною вологістю, високим вмістом солей і неорганічних сполук. Внаслідок фільтрації з відстійників у прилеглі ділянки у ґрунтовому шарі фіксуються підвищені концентрації сульфатів, нітратів, натрію та хлоридів, що порушує баланс катіонів і спричиняє деградацію структури ґрунту. З часом це призводить до вторинного засолення, зниження біологічної активності та зменшення вмісту органічної речовини.

Крім хімічного впливу, породні відвали й хвостосховища чинять механічне навантаження на ґрунтовий покрив. Постійне осідання маси породи та шламів призводить до порушення гідрогеологічного режиму – відбувається підтоплення нижчих ділянок, змінюється напрямок руху ґрунтових вод. На межі контакту відвалу з природними схилами формуються зони ерозії, що сприяють подальшому розповсюдженню твердих частинок і розмиванню верхнього гумусового шару.

Дослідження показують, що у межах санітарно-захисної зони підприємства вміст важких металів у верхньому шарі ґрунту перевищує фонові значення у 2–5 разів, а кислотність наближається до слабокислої або кислої реакції.

Таким чином, породний відвал та хвостосховища збагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія» є потужними джерелами негативного впливу на ґрунтовий покрив. Вони спричиняють хімічне, фізичне та біологічне порушення ґрунтів, погіршують їх родючість, сприяють деградації ландшафтів і формуванню зон екологічного ризику.

3.7 Вплив процесів збагачення вугілля на біоту

Процеси збагачення кам'яного вугілля створюють суттєві екологічні виклики для живої природи регіону. Потужні джерела забруднення – породний відвал, хвостосховища, пилові і газоподібні викиди – призводять до значних змін у фіто- та зооценозах навколо фабрики. Території, на яких розташовані фабрика, відвал і хвостосховища, охоплюють багато гектарів, що зменшує площу природних середовищ існування рослин і тварин.

Хімічні елементи, які надходять у атмосферу та водні об'єкти у вигляді викидів, із часом накопичуються в ґрунті і через коріння рослин і водний обмін потрапляють у тканини рослин. Від рослин – далі до тварин через ланки харчових ланцюгів. Це опосередковане перенесення хімічних речовин призводить до порушення метаболічних процесів, деформацій листя і пагонів, зниження фотосинтетичної активності, а також змін у структурі тканин. Наприклад, сірчистий ангідрид, фторвмісні сполуки і важкі метали є серед найбільш шкідливих: вони можуть спричинити хлороз, погіршення росту, здатності відновлюватись після стресів, а також токсичні ефекти у тварин, які споживають рослини чи воду з домішками таких елементів [11].

Окремі види рослин реагують по-різному на забруднення: менш стійкими виявляються зернові культури (жито, пшениця, ячмінь тощо); плодово-ягідні дерева (яблуня, груша) і хвойні (сосна) теж мають високу чутливість. Стійкішими в умовах забруднення, можуть бути дуб, бузок, вишня тощо. У межах досліджуваної фабрики виявлено, що рослинність на породному відвалі і в пониззі демонструє ознаки пригніченості — рідкість, зменшення зеленого покриву, відсутність представників чутливих видів. Загалом, у межах санітарно-захисної зони рослинність представлена переважно стійкими до засолення видами (щавель, хвощ, мітлиця, пирій), що свідчить про порушення природного фітоценозу та поступове формування техногенного ландшафту [31].

Тваринний світ також страждає: забрудненість повітря, води та ґрунту

призводить до зменшення чисельності дрібних ссавців, птахів, комах, які менш здатні адаптуватись до токсичних умов. Шкідливі речовини можуть мати кумулятивний ефект – накопичуватись у тканинах і впливати на репродуктивні функції, розвиток і тривалість життя [11].

У науковому дослідженні, яке розглядало проростання насіння тест-культур (*Lepidium sativum*, *Raphanus sativus*, *Sinapis alba*, *Brassica napus*) на субстратах, піднятих на породному відвалі, підніжжі відвалу і за 100 м від нього, встановлено, що відсоток проростання та росту був суттєво нижчим на поверхні та підніжжі відвалу порівняно з контрольною ділянкою. Це свідчить про шкідливий ефект як хімічного забруднення, так і фізичних умов (змінена структура ґрунту, зменшена поживна база) у таких зонах [31].

Отже, екологічний вплив процесів збагачення вугілля на біоту має багатогранний характер і охоплює як безпосереднє фізичне пошкодження (пил, механічне осадження), так і хімічне – через важкі метали, кислий дренаж та інші токсичні сполуки.

3.8 Результати екологічного моніторингу території

Результати проведеного аналізу показують, що найбільш виражений негативний вплив спостерігається в межах промислового майданчика та прилеглих територій радіусом до 1 км від збагачувальної фабрики. Основні показники забруднення пов'язані з діяльністю сушильних установок, транспортних засобів, хвостосховищ та породного відвалу.

Моніторинг атмосферного повітря засвідчує перевищення гранично допустимих концентрацій пилу неорганічного походження та діоксиду сірки. У повітрі поблизу відвалу вміст завислих частинок іноді перевищує фонові рівні у 2-3 рази, особливо у суху безвітряну погоду. Основні забруднюючі речовини – вуглепородний пил, діоксид сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю. При сприятливих метеороумовах концентрації швидко знижуються до безпечних рівнів, проте під час технологічних пікових навантажень можливе

короткочасне перевищення норм.

Гідрохімічний контроль показує, що води, які відводяться з території фабрики, містять підвищені концентрації завислих речовин, сульфатів, хлоридів та загального заліза. У пробах із поверхневих водойм поблизу хвостосховищ спостерігається незначне зростання мінералізації та жорсткості води, що зумовлено фільтраційними процесами. Порівняння з контрольними пробами свідчить про перевищення вмісту сульфатів у майже 2 рази, що вказує на вплив дренажних вод з технологічних відстійників.

Дослідження ґрунтового покриву на території санітарно-захисної зони фабрики підтверджують накопичення важких металів (заліза, цинку, свинцю, міді) у верхньому 20-сантиметровому шарі. Виявлені концентрації в 1,5-3 рази перевищують фонові рівні для Львівської області, однак не перевищують нормативні показники. Найбільші відхилення зафіксовані на схилах і біля підніжжя породного відвалу, що пов'язано з процесами вивітрювання, стоку атмосферних опадів і розповсюдження пилу. Ґрунти мають тенденцію до закислення внаслідок розвитку процесів закислення дренажу.

Біологічний моніторинг демонструє зменшення видового різноманіття трав'янистих рослин і деградацію ґрунтової мікрофлори в межах промислової зони. На території з підвищеним рівнем забруднення переважають стійкі види – пирій повзучий, хвощ польовий, щавель кислий, що свідчить про техногенну трансформацію рослинного покриву. Тваринний світ представлений переважно синантропними видами, адаптованими до антропогенних умов.

За результатами спостережень встановлено, що інтенсивність негативного впливу зменшується зі збільшенням відстані від джерел забруднення. Це свідчить про локалізований характер забруднення, сконцентрований навколо промислового майданчика.

Загальний аналіз результатів екологічного моніторингу дозволяє зробити висновок, що територія діяльності збагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія» перебуває під помірним техногенним навантаженням. Найбільшу екологічну небезпеку становлять пилові викиди та

відходи збагачення, які впливають на стан атмосферного повітря і ґрунтів.

3.9 Заходи з мінімізації негативного впливу на довкілля

Функціонування вуглезбагачувальної фабрики супроводжується утворенням значних обсягів відходів, викидів і стічних вод. Мінімізація її техногенного впливу на довкілля вимагає комплексу природоохоронних і технологічних заходів, спрямованих на оптимізацію виробничих процесів, підвищення ефективності використання ресурсів та мінімізацію обсягів забруднення на всіх етапах технологічного циклу (додаток Б).

3.9.1 Технологічні шляхи зменшення викидів і відходів

Зменшення обсягу викидів шкідливих речовин у процесі збагачення вугілля дозволить досягти модернізація технологічного обладнання, удосконалення аспіраційних систем і впровадження замкнених технологічних циклів.

Герметизації транспортних ліній (конвеєрів, пересипів), вузлів перевантаження вугілля, обладнання дробарно-сортувальних відділень пилопригнічувальними установками (зрошенням водою або водно-полімерними сумішами за допомогою туманоутворюючих установок високого тиску), а також застосування мокрого транспортування продуктів збагачення дозволить досягти зменшення пилових викидів.

На сушильних агрегатах доцільно встановити системи багатоступеневої очистки повітря, що поєднують циклони, рукавні фільтри та електрофільтри. Це дозволяє знизити вміст пилу у відхідних газах до рівня нижче 50 мг/м³.

Для зменшення утворення твердих відходів пропонується здійснювати роздільне складування породи з метою можливого подальшого її використання у виробництві будівельних матеріалів (щебню, цегли, заповнювачів бетону).

Діюча система повторного використання води у технологічному процесі

скорочує забір природних ресурсів. та зменшити кількість стічних вод. Однак, необхідним є максимальне зневоднення тонкодисперсних фракцій із використанням сучасних камерних фільтр-пресів або вакуум-фільтрів та повернення технологічної води у виробництво. Це дозволить істотно скоротити обсяги скидів стічних вод та мінімізувати фільтраційні втрати з хвостосховищ. Переведені у твердий стан відходи легше транспортувати та утилізувати.

3.9.2 Сучасні методи рекультивації та фітомеліорації відвалів

Породний відвал і хвостосховища – це наймасштабніші джерела техногенного впливу на ландшафт. Ці об'єкти потребують комплексної рекультивації, яка поєднує технічну та біологічну складові.

Першим етапом є технічна рекультивація, що передбачає профілювання та вирівнювання поверхні відвалів для забезпечення їхньої геотехнічної стійкості та запобігання вітровій і водній ерозії. Необхідно вкрити схили поверхні шаром потенційно родючих порід товщиною 0,5-1,0 м. Важливим заходом є створення гідроізоляційних захисних шарів, щоб зменшити інфільтрацію атмосферних опадів, адже саме цей процес спричиняє формування кислого дренажу.

Поверхня відвалів, після нанесення родючого шару, підлягає біологічній рекультивації, під час якої проводиться фітомеліорація. Такий процес покликаний забезпечити закріплення ґрунтового покриву, зменшення пилового навантаження, поглинання вуглекислого газу, поступове формування шару гумусу та сприяє інтеграції техногенного ландшафту в природну екосистему. Для вугільних відходів ефективним є використання спеціально підібраних ацидофільних та металостійких рослин. Так, висаджуються трав'янисті культури – тонконіг, костриця, мітлиця, деякі види люпину, вики, вівсяниці червоної, а також деревно-чагарникові насадження – береза, акація, верба, тополя [31, 43]. Вказані види характеризуються високою стійкістю до засолених і бідних на поживні речовини субстратів.

На ділянках з активними процесами самозаймання необхідно здійснювати ізоляцію тліючих зон, насипання інертного шару та контроль температурного режиму.

3.9.3 Системи очищення стічних вод і пилогазових викидів

Для зменшення обсягу скидів забруднених вод передбачається осадження завислих частинок у відстійниках і шламових басейнах. Забруднені стічні води та фільтраційні стоки (особливо кислі дренажні води) вимагають багатоступеневого очищення. Застосовують хімічну нейтралізацію (вапнування) для підвищення рН та осадження важких металів у формі нерозчинних гідрооксидів. Для глибокого очищення можливе використання сорбційних фільтрів на основі активованого вугілля або природних сорбентів (цеолітів, бентонітів). Для фінішного очищення та демінералізації ефективним є використання методів мембранної технології (зворотний осмос) або іонообмінних фільтрів, які дозволяють повернути воду високої якості в оборот [37, 45].

Викиди від котельні та сушильних установок, що містять SO_2 та NO_x , потребують використання сучасних газоочисних установок, які працюють за технологіями сухого або мокрого вапнування димових газів або каталітичного відновлення. Пилогазові викиди, які утворюються під час сушіння та транспортування вугілля, підлягають очищенню за допомогою електрофільтрів, рукавних фільтрів, мокрих скрубєрів і циклонів [39].

3.9.4 Перспективи впровадження безвідходних та енергозберігаючих технологій

Перехід до безвідходних технологій передбачає максимальне залучення відходів збагачення у господарський обіг. Так, породні матеріали можуть використовуватись як будівельна сировина, для засипання шахтних виробок, створення насипів та основ доріг. Висока зольність відходів робить їх придатними для виробництва керамзиту, цементу, тротуарної плитки та

теплоізоляційних матеріалів.

Високозольний шлам може бути використаний для зміцнення сумішей, що закладаються у підземні порожнини, або як компонент для виробництва полімінеральних добрив. Перспективним вважають використання шламу для вилучення рідкісних та розсіяних елементів (скандій, германій).

Додаткова переробка породи з відновлення залишкового вуглецевмісного компоненту дозволить отримати паливо низької теплотворності для власних енергетичних потреб.

Перехід до сухого збагачення для окремих класів вугілля суттєво знизить водоспоживання та утворення шламу.

З метою зниження енергоспоживання може бути рекомендовано частотне регулювання електродвигунів, повторне використання тепла сушильних агрегатів і використання систем рекуперації тепла.

Запропоновані заходи мають комплексний характер і спрямовані на підвищення екологічної ефективності виробничих процесів вуглезбагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія». Їх реалізація дозволить істотно зменшити техногенне навантаження на атмосферу, водні об'єкти та ґрунти, створивши передумови для поступового відновлення природного середовища.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві

Охорона праці є одним із ключових напрямів діяльності будь-якого промислового підприємства, особливо у вугільній галузі, де виробничі процеси супроводжуються підвищеною небезпекою для життя і здоров'я працівників. ПАТ «Львівська вугільна компанія», як підприємство збагачення кам'яного вугілля, належить до категорії об'єктів із високим рівнем виробничого ризику. Тому питання створення безпечних умов праці, профілактики травматизму, пожежної та техногенної безпеки є пріоритетними у системі управління виробництвом.

На підприємстві функціонує служба охорони праці, створена відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» та Типового положення про службу охорони праці (НПАОП 0.00-4.35-04) [16]. До складу служби входять фахівці, які здійснюють контроль за дотриманням законодавства з охорони праці, проводять інструктажі, навчання і перевірку знань працівників, здійснюють розслідування нещасних випадків, контролюють санітарно-гігієнічні умови праці та беруть участь у розробленні планів локалізації аварій і ліквідації їх наслідків. Управління охороною праці здійснюється системно – через планування, організацію, контроль і аналіз ефективності заходів. На кожній виробничій ділянці призначені відповідальні особи за стан безпеки, які проводять щоденний нагляд за дотриманням вимог безпеки під час роботи обладнання.

Виробничі процеси на фабриці супроводжуються дією фізичних, хімічних, шумових, пилових і теплових факторів, які становлять потенційну небезпеку для працівників. Основними шкідливими факторами є підвищена запиленість повітря у дробильно-сортувальних і сушильних відділеннях, шум і вібрація від насосів, компресорів, транспортерів і вентиляторів, підвищена

температура і вологість повітря, ризик травмування при роботі з рухомими механізмами, а також контакт із шламовими відходами, що можуть містити токсичні домішки. За результатами виробничого контролю середньорічна запиленість повітря у дробильному відділенні іноді перевищує гранично допустиму концентрацію для вугільного пилу (10 мг/м^3) у 1,2–1,5 раз, особливо за недостатньої роботи систем аспірації. Рівень шуму в окремих цехах сягає 85–90 дБА, що перевищує нормативи, установлені ДСН 3.3.6.037-99. Робочі місця операторів, машиністів, слюсарів та ремонтників за умовами праці належать до шкідливих або небезпечних (3-й клас) відповідно до класифікації ДСН 3.3.6.042-99 [1, 2].

Статистичний аналіз виробничого травматизму за останні роки свідчить про тенденцію до зниження кількості нещасних випадків, однак рівень ризику залишається вищим, ніж у більшості галузей промисловості. Основними причинами травматизму є порушення технологічної дисципліни, недостатній контроль з боку керівників, зношеність частини обладнання та людський фактор. Переважно трапляються легкі травми – удари, порізи, опіки. Професійні захворювання найчастіше пов'язані з пиловими бронхітами, хронічними ларингітами та нейросенсорною приглухуватістю. Для профілактики професійних хвороб усі працівники проходять попередні і періодичні медичні огляди відповідно до наказу МОЗ №246 від 21.05.2007 року.

Особливу увагу на підприємстві приділяють навчанню з питань безпеки. Усі працівники, що виконують роботи підвищеної небезпеки, проходять спеціальне навчання, первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі згідно з вимогами НПАОП 0.00-4.12-05. Інструктажі охоплюють питання безпечної експлуатації машин і механізмів, дій у разі аварій, пожеж чи витоку технологічних розчинів, а також надання домедичної допомоги потерпілим. На фабриці функціонує навчальний кабінет охорони праці, обладнаний наочними матеріалами, макетами та відеопосібниками.

Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту

відповідно до вимог НПАОП 0.00-4.26-96 та колективного договору. Використовується спецодяг з пилозахисними властивостями, спецвзуття, фільтрувальні респіратори типу «Лепесток» або «ЗМ», захисні окуляри, каски, навушники, діелектричні рукавички. Для зниження запиленості повітря застосовуються аспіраційні установки, системи водного зрошення дробильних вузлів і місцеві відсмоктувачі. Щорічно проводиться перевірка ефективності вентиляційних систем, результати якої фіксуються в технічній документації.

У межах системи управління охороною праці на підприємстві здійснюється постійна оцінка професійних ризиків. Аналіз небезпечних факторів проводиться з урахуванням їх імовірності та можливих наслідків, результати використовуються при плануванні профілактичних заходів, розробці інструкцій і планів локалізації аварійних ситуацій. Щороку проводяться внутрішні аудити системи охорони праці, результати яких подаються керівництву та територіальним органам Держпраці.

Аналіз стану охорони праці на ПАТ «Львівська вугільна компанія» свідчить, що на підприємстві функціонує дієва система управління безпекою праці, однак вона потребує подальшої модернізації. Необхідно оновити вентиляційні та аспіраційні системи, покращити освітлення і мікроклімат у виробничих приміщеннях, удосконалити систему навчання та підвищити культуру безпечної поведінки персоналу. Своєчасне проведення профілактичних заходів, модернізація технологічного обладнання та розвиток системи управління ризиками дозволять знизити рівень виробничого травматизму, покращити умови праці та забезпечити стабільний рівень промислової безпеки на підприємстві.

4.2 Заходи щодо покращення гігієни праці, техніки безпеки та пожежної безпеки

Підтримання належного рівня гігієни праці, техніки безпеки та пожежної безпеки є невід'ємною складовою загальної системи управління

охороною праці на ПАТ «Львівська вугільна компанія». Особливість виробництва полягає у тому, що технологічні процеси збагачення вугілля супроводжуються підвищеною запиленістю, шумом, вібрацією, температурними коливаннями та наявністю вибухонебезпечних і пожежонебезпечних речовин. Тому ефективна профілактика професійних ризиків повинна базуватись на комплексному підході, який поєднує технічні, санітарно-гігієнічні, організаційні та навчальні заходи.

Для покращення гігієни праці насамперед передбачається вдосконалення систем вентиляції, аспірації та очищення повітря. Важливим напрямом є модернізація старих вентиляційних агрегатів і впровадження енергоефективних систем з регульованою витратою повітря, які забезпечують стабільні показники мікроклімату у виробничих приміщеннях. Доцільно проводити періодичну перевірку технічного стану вентиляційних шахт, фільтрів і витяжних каналів, а також здійснювати очищення повітропроводів не рідше одного разу на півроку. У приміщеннях дробильно-сортувального та сушильного відділень необхідно забезпечити додаткові місцеві відсмоктувачі пилу, а у місцях найбільшого виділення дрібнодисперсних частинок — установити системи тонкого фільтрування [22]. Зменшення запиленості позитивно вплине на стан дихальних органів працівників і знизить ризик виникнення пилових бронхітів та легеневих хвороб.

Одним із пріоритетних завдань є також нормалізація шумового режиму. Для цього рекомендовано встановити шумоізоляційні кожухи на насосних агрегатах і компресорах, використовувати глушники на вентиляторах, проводити регулярне технічне обслуговування механізмів для зниження вібрації. Працівники, які виконують роботи у зонах підвищеного шуму, мають бути забезпечені ефективними засобами індивідуального захисту слуху — протишумовими навушниками або берушами, що відповідають вимогам НПАОП 0.00-4.26-96 [30].

Для покращення санітарно-побутових умов необхідно забезпечити відповідну кількість побутових приміщень: гардеробних, душових, кімнат

особистої гігієни, пунктів харчування і відпочинку. Важливо підтримувати стабільну температуру у виробничих приміщеннях, особливо у холодний період року, шляхом відновлення системи опалення та ізоляції теплотрас. Працівники, які контактують із водою, шламами або паливом, повинні мати можливість користуватись санітарно-побутовими приміщеннями у безпосередній близькості до робочих зон.

Підвищення рівня техніки безпеки на фабриці досягається шляхом удосконалення технічного стану обладнання, автоматизації виробничих процесів і впровадження сучасних систем контролю. Рекомендується забезпечити періодичне технічне обстеження конвеєрів, підйомних механізмів, електроустановок і сушильних барабанів із метою виявлення несправностей, що можуть призвести до аварій. Доцільно впровадити систему блокування пуску обладнання при відкритих захисних кожухах і аварійні вимикачі на всіх ділянках із підвищеним рівнем небезпеки. Для зниження ризику травмування необхідно чітко розмежувати виробничі й пішохідні зони, оновити розмітку шляхів руху транспорту та встановити попереджувальні знаки у місцях підвищеної небезпеки.

Суттєве значення має дотримання вимог електробезпеки. Працівники, що обслуговують електроустановки, повинні проходити перевірку знань не рідше одного разу на рік і мати відповідну групу допуску. Обов'язковими є періодичні випробування заземлювальних пристроїв, перевірка справності автоматичних вимикачів та наявності захисних кожухів на електрообладнанні.

Не менш важливим аспектом є пожежна безпека. У зв'язку з наявністю пилю, горючих матеріалів та джерел тепла, фабрика належить до категорії пожежонебезпечних об'єктів. Для запобігання пожежам необхідно забезпечити справний стан електрообладнання, уникати перевантаження електромережі, своєчасно видаляти пилові відкладення із технологічного устаткування, підтримувати належний стан системи пилопригнічення у сушильних установках. Усі приміщення повинні бути обладнані первинними засобами пожежогасіння: вуглекислотними, порошковими або пінними

вогнегасниками, кількість і розташування яких мають відповідати вимогам ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту». Необхідно регулярно проводити технічне обслуговування пожежних гідрантів і насосів, перевіряти працездатність пожежної сигналізації та систем автоматичного оповіщення. Працівники зобов'язані проходити інструктаж із пожежної безпеки не рідше двох разів на рік [2].

Для підтримання високого рівня безпеки важливо удосконалювати організаційні форми навчання персоналу. Доцільно впровадити систему електронного тестування знань із питань охорони праці та пожежної безпеки, використовувати відеоматеріали з моделюванням небезпечних ситуацій і правильних дій у разі аварій. Ефективною практикою є проведення спільних тренувань служби охорони праці, пожежних дружин і рятувальних підрозділів із відпрацювання евакуації персоналу.

Додатковим напрямом профілактики професійних ризиків є підвищення культури безпеки праці серед працівників. Для цього рекомендується проводити щомісячні «дні охорони праці», конкурси на найкраще робоче місце, а також моральне та матеріальне стимулювання працівників, які дотримуються правил безпеки.

Реалізація вищезазначених заходів сприятиме створенню безпечних і комфортних умов праці, зниженню виробничого травматизму, профілактиці професійних захворювань і підвищенню ефективності виробничої діяльності підприємства. Впровадження сучасних технічних та організаційних рішень у сфері гігієни праці, техніки безпеки та пожежного захисту дозволить забезпечити стабільну роботу ПАТ «Львівська вугільна компанія» відповідно до вимог чинного законодавства і міжнародних стандартів у галузі охорони праці.

4.3 Захист населення від наслідків надзвичайних ситуацій

Діяльність підприємств вугільної промисловості, зокрема

збагачувальних фабрик, пов'язана з підвищеним рівнем техногенної небезпеки. У процесі роботи ПАТ «Львівська вугільна компанія» можливе виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного чи екологічного характеру, які можуть становити загрозу для життя і здоров'я працівників підприємства, населення прилеглих населених пунктів, а також для довкілля. До таких ситуацій належать вибухи пилогазових сумішей, пожежі у виробничих приміщеннях, прориви дамб хвостосховищ, викиди шкідливих речовин у повітря, аварійні скиди забруднених стічних вод, руйнування споруд або технологічного обладнання.

Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій є складовою частиною державної системи цивільного захисту, що функціонує відповідно до Закону України «Про цивільний захист населення» та Кодексу цивільного захисту України [27]. На підприємстві створено систему управління цивільним захистом, яка діє згідно з вимогами цього законодавства. Вона охоплює комплекс організаційних, технічних і профілактичних заходів, спрямованих на запобігання аваріям, своєчасне реагування на них та ліквідацію наслідків.

У структурі ПАТ «Львівська вугільна компанія» функціонує комісія з питань надзвичайних ситуацій, яка координує дії всіх служб у випадку аварії або катастрофи. Для забезпечення готовності персоналу діє План реагування на надзвичайні ситуації (ПЛАС), у якому визначено порядок дій у разі виникнення аварійних ситуацій, черговість інформування відповідних органів влади, алгоритм евакуації працівників, схеми розташування аварійних виходів, місць збору, укриттів і медичних пунктів.

На території підприємства функціонує добровільна пожежна дружина та аварійно-рятувальна група, які проходять спеціальну підготовку та забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту, зв'язку і першої допомоги. Персонал проходить періодичні навчання і тренування з евакуації, дій під час пожежі або витоку небезпечних речовин. Такі навчання проводяться не рідше одного разу на рік спільно із представниками Державної

служби України з надзвичайних ситуацій, територіальних підрозділів поліції та медичних служб.

Особливу увагу приділяють запобіганню аваріям, пов'язаним із пошкодженням хвостосховищ і відвалу. Витікання або прорив гідроспоруд може призвести до забруднення річкової мережі, підтоплення прилеглих територій і небезпеки для населення. З метою попередження таких випадків здійснюється постійний моніторинг технічного стану дамб, рівня води та осаду у відстійниках, перевірка міцності та стійкості укосів, контроль стану дренажної системи. При необхідності проводиться укріплення дамб глинистими матеріалами, піском і щебенем, а також створюються захисні вали.

Для зменшення ризику виникнення аварій, спричинених вибухом пилю чи газів, на фабриці застосовується система вентиляції, що забезпечує розсіювання пилогазових сумішей. Періодично здійснюється очищення повітропроводів, перевірка стану пилозбірників та іскрогасників. У сушильних установках контролюється температура газів, щоб уникнути перегрівання і займання вугільного пилю.

Підприємство має укладені договори з аварійно-рятувальними формуваннями Червоноградського гірничопромислового району, що забезпечують оперативне реагування у разі виникнення аварій. На випадок масштабних катастроф передбачено залучення сил територіальної підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту Львівської області.

Важливим напрямом є підвищення рівня обізнаності населення, яке проживає поблизу промислових об'єктів. Для цього проводяться інформаційні кампанії, розповсюджуються пам'ятки з правилами поведінки під час надзвичайних ситуацій, проводяться спільні навчання з евакуації, формуються волонтерські групи взаємодопомоги. У разі виникнення аварії на підприємстві або її загрози система оповіщення забезпечує передачу сигналів тривоги через гучномовці, сирени та засоби мобільного зв'язку.

Особлива увага приділяється створенню і підтриманню у готовності

засобів колективного та індивідуального захисту. На території підприємства облаштовано захисні укриття, пункти першої медичної допомоги, склади з резервом води, медикаментів і засобів захисту органів дихання. Для персоналу розроблені інструкції щодо дій у разі пожежі, вибуху, витoku хімічних речовин або руйнування споруд.

Важливим аспектом системи цивільного захисту є також підготовка керівного складу. Адміністрація фабрики щороку проходить навчання на курсах цивільного захисту у навчально-методичних центрах ДСНС, а також бере участь у штабних тренуваннях на рівні територіальної громади. Це дає змогу узгоджувати дії підприємства з місцевими органами влади у разі виникнення аварій і забезпечувати швидке реагування.

Загалом система захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій на ПАТ «Львівська вугільна компанія» охоплює всі основні напрямки безпеки: запобігання аваріям, забезпечення оперативного реагування, організацію евакуації, інформування населення та ліквідацію наслідків. Для підвищення ефективності роботи системи необхідно продовжити модернізацію інженерних захисних споруд, вдосконалити автоматизовану систему оповіщення, розширити взаємодію з місцевими підрозділами ДСНС і громадськими формуваннями цивільного захисту.

Впровадження зазначених заходів дозволить мінімізувати ризики для працівників і населення, зменшити масштаби можливих руйнувань та екологічних збитків, а також забезпечити належний рівень техногенної безпеки у регіоні функціонування ПАТ «Львівська вугільна компанія».

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було проведено комплексний аналіз технологічних, екологічних та природоохоронних аспектів функціонування вуглезбагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія». Дослідження дозволило встановити характер, масштаби та наслідки техногенного впливу процесів збагачення кам'яного вугілля на компоненти довкілля, а також розробити рекомендації щодо мінімізації негативного впливу.

1. Вугільна промисловість України залишається одним із найбільших джерел техногенного навантаження на навколишнє середовище. Основними проблемами є велика кількість відходів збагачення, забруднення атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, деградація ґрунтів, утворення териконів і хвостосховищ, а також відсутність належної рекультивації порушених земель.

2. Встановлено, що діяльність збагачувальної фабрики ПАТ «Львівська вугільна компанія» має комплексний вплив на довкілля. Технологічний процес збагачення супроводжується значним споживанням водних та енергетичних ресурсів, а також утворенням великої кількості твердих і рідких відходів. Основними джерелами забруднення є дробильно-сортувальне та сушильне відділення, котельня, транспортні конвеєри, породний відвал і хвостосховища.

3. Аналіз складу викидів показав, що до атмосфери надходять діоксид азоту, оксид вуглецю, діоксид сірки, вуглепородний пил та інші сполуки, концентрації яких у приземному шарі повітря перевищують фонові значення. Викиди зосереджуються переважно у межах проммайданчика, однак за несприятливих метеоумов можуть поширюватися на прилеглі населені пункти, зокрема хутір Вільшина.

4. Водне середовище зазнає впливу внаслідок скидів забруднених стічних вод та інфільтрації фільтратів із хвостосховищ і відвалу. Виявлені перевищення за вмістом сульфатів, заліза, завислих речовин свідчать про

необхідність модернізації систем очищення вод та контролю за їх експлуатацією.

5. У зонах породного відвалу та хвостосховищ зафіксовано порушення структури ґрунтів, підвищений вміст важких металів. Це свідчить про деградацію ґрунтового покриву і потребу у проведенні технічної та біологічної рекультивації.

6. Біота в межах впливу фабрики зазнає суттєвого тиску. Забруднення атмосфери, ґрунтів і вод спричиняє пригнічення рослинності, зменшення біорізноманіття, спрощення фітоценозів і витіснення чутливих видів. Особливо небезпечним є накопичення важких металів у рослинах і подальше потрапляння їх у трофічні ланцюги.

7. Проведений аналіз показав, що існуюча санітарно-захисна зона підприємства не відповідає чинним нормативам ДСП-173-96 за відстанню до житлової забудови. Необхідним є її перегляд, посилення контролю за якістю атмосферного повітря та впровадження додаткових газопилоуловлюючих заходів.

Комплекс природоохоронних заходів, спрямованих на зменшення техногенного навантаження, включає: удосконалення пилогазоочисних систем, реконструкцію хвостосховищ з улаштуванням захисних екранів, впровадження сучасних технологій рекультивації та фітомеліорації, а також поступовий перехід до енергозберігаючих і безвідходних технологій збагачення. Реалізація запропонованих заходів дозволить знизити обсяг викидів і скидів, скоротити втрати води та енергії, стабілізувати стан природних компонентів, а також забезпечити покращення санітарно-гігієнічних умов проживання населення прилеглих територій.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Безпека життєдіяльності: навч. посібник / За ред. П. Атаманчука. Кам'янець-Подільський: Центр учбової літератури, 2011. 275 с.
2. Безпека життєдіяльності: підручник / За ред. О. Запорожець. Київ: Центр учбової літератури, 2013. 447 с.
3. Бурлакова І.М., Ус Я.О. Сучасний стан та перспективи розвитку вугільної промисловості України. *Сучасні проблеми економіки і підприємництва*: матеріали VIII Міжнародної наук.-практ. конференції молодих учених та студентів. Суми: Сумський державний університет, 2017. С. 120-122.
4. Вінічук М. М. Загальна екологія: навч. посібн. Житомир: Видавництво Державного університету «Житомирська політехніка», 2021. 184 с.
5. Водний кодекс України. N 213/95-ВР. Київ, 6 червня 1995 року. 189 с.
6. Волошина Н. О. Загальна екологія та неоекологія: навч. посібн. Київ: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2015. 335 с.
7. Гавриленко О. П. Екогеографія України : навч. посіб. Київ: Знання, 2008. 646 с.
8. Гігієнічні регламенти. Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць. Затверджено Наказом МОЗ України від 14 січня 2020 року № 52.
9. Джумеля Е. А. Екологічна безпека гірничо-хімічного підприємства на стадії ліквідації : дис. ... д-ра філософії : 183 – Технології захисту навколишнього середовища / Джумеля Ельвіра Анатоліївна ; наук. кер. В. Д. Погребенник; Нац. ун-т «Львівська політехніка». Львів, 2020. 192 с.
10. 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.
11. Екологічна токсикологія: навч. посібник / В. К. Пузік, В. В. Волощенко, Є. А. Криштоп та ін. Харків: ХНАУ, 2016. 349 с.

12. Єрмаков В., Клименко О., Горобей М. Техногенне забруднення літосфери внаслідок функціонування і закриття вугільних шахт. Екологічні науки. 2021. Вип. 7(24). С. 12–15. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.2>
13. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23 травня 2017 р. № 2059-VIII (в редакції 15.11.2024). Відомості Верховної Ради України.
14. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Введений в дію Постановою ВР № 1268-XII від 26.06.91 (зі змінами).
15. Закон України «Про управління відходами» від 20 червня 2022 року № 2320-IX.
16. Законодавство України про охорону праці: Т.1. Київ, 1995. 558 с.
17. Клименко М. О., Прищепа А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля: підручник. Київ: Академія, 2006. 360 с.
18. Колесникова К., Задорожна Г. Управління териконами: аналітичне дослідження для підтримки заходів, спрямованих на справедливую трансформацію вугільних регіонів. Київ: Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2024. 66 с.
19. Кочмар І. М., Карабин В. В. Екологічна небезпека горіння вугільних териконів та перспективні методи використання відходів вуглевидобутку. *Екологістика. Теорія та практика управління сміттєзвалищами*. За наук. ред Поповича В., Теляк О., Меньшикової О. Варшава: Мазовецьке Центрум Поліграфії, 2021. С. 183-198.
20. Кочмар І. М., Карабин В. В. Екологічні проблеми розробки родовищ кам'яного вугілля та складування пустої відвальної породи. *Геотехнічні проблеми розробки родовищ*: матеріали XIX міжнародної конференції молодих вчених (28 жовтня 2021 року, м. Дніпро). Дніпро : ІГТМ ім. М. С. Полякова НАН України, 2021. С. 189–191.
21. Криницький К. Чи може Україна відмовитися від видобутку вугілля? Екологічна організація «Екодія». 2020. URL: <https://ecoaction.org.ua/vidmovytysia-vid-vuhillia.html>

22. 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.
23. 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.
24. Масікевич Ю. Г., Гринь С. О., Герецун Г. М. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. Чернівці: Зелена Буковина, 2005. 343 с.
25. Медведєва О. О., Сімес В. Є. Розробка технологій гідромеханізації для продовження терміну експлуатації сховищ відходів збагачення. *Геотехнічні проблеми розробки родовищ: матеріали XIX міжнародної конференції молодих вчених* (28 жовтня 2021, м. Дніпро). Дніпро : ІГТМ ім. М. С. Полякова НАН України, 2021. С. 106–110.
26. Мельник-Шамрай В. В., Шамрай В. І., Пацева І. Г., Ігнатюк Р. М. Оцінка впливу гірничо-видобувної галузі на довкілля: система управління відходами. *Екологічні науки*. 2024, № 4 (55). С. 164–168. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.4-55.26>
27. 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>].
28. Огаренко Ю. Проблеми вугільної промисловості України та викиди парникових газів від видобутку й споживання вугілля (Аналітичний звіт). *Національний екологічний центр України* 2010, 54 с. URL: <https://necu.org.ua/klimat-vugillya/>
29. Олексюк Г.О., Самотій Н.Р. Тенденції та проблеми розвитку вугільної промисловості України (на прикладі Державного підприємства «Львіввугілля»). *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. 2019. Вип. 1(135). С. 3-9.
30. Охорона праці / К.Н. Ткачук, К.К. Ткачук, Ю.А. Гурін та ін. Кривий Ріг:

ВЦ КТУ, 2011. 325 с.

31. Піндер В. Ф. Рекультиваційні заходи зниження техногенного впливу породних відвалів вугільних шахт на довкілля: дис. ... канд. техн. наук (спеціальність 21.06.01 «Екологічна безпека») / В. Ф. Піндер ; наук. кер. В. В. Попович. Львів: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2021. 248 с.

32. Рудаков Л. М. Екологічна та експлуатаційна безпека хвостосховищ: аналіз аварій, причин та методів діагностики технічного стану. *Екологічна безпека та природні ресурси*. 2023, 46 (2). С. 66–84. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.2.66-84>

33. Сметана С. М. Екологічна класифікація техногенних ландшафтів гірничодобувних регіонів. *Екологія і природокористування*. 2008, Вип. 11. С. 30–41. <https://nasplib.isoftware.kiev.ua/handle/123456789/14416>

34. Смирнов В. О., Сергєєв П. В., Білецький В. С. Технологія збагачення вугілля: навч. посібник. Донецьк: Східний видавничий дім, 2011. 476 с.

35. Стан довкілля у Львівській області у 2023 році. [Електронний ресурс] <https://deplv.gov.ua/potochni-rezultaty/>

36. Ткачук О. П., Вітер Н. Г., Ковальова К. В. Біоекологія: навч. посібн. Вінниця: ТОВ «Друк», 2021. 472 с.

37. Троценко Є. О., Перетятко Ю. В. Промислова екологія: навч. посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 34 с.

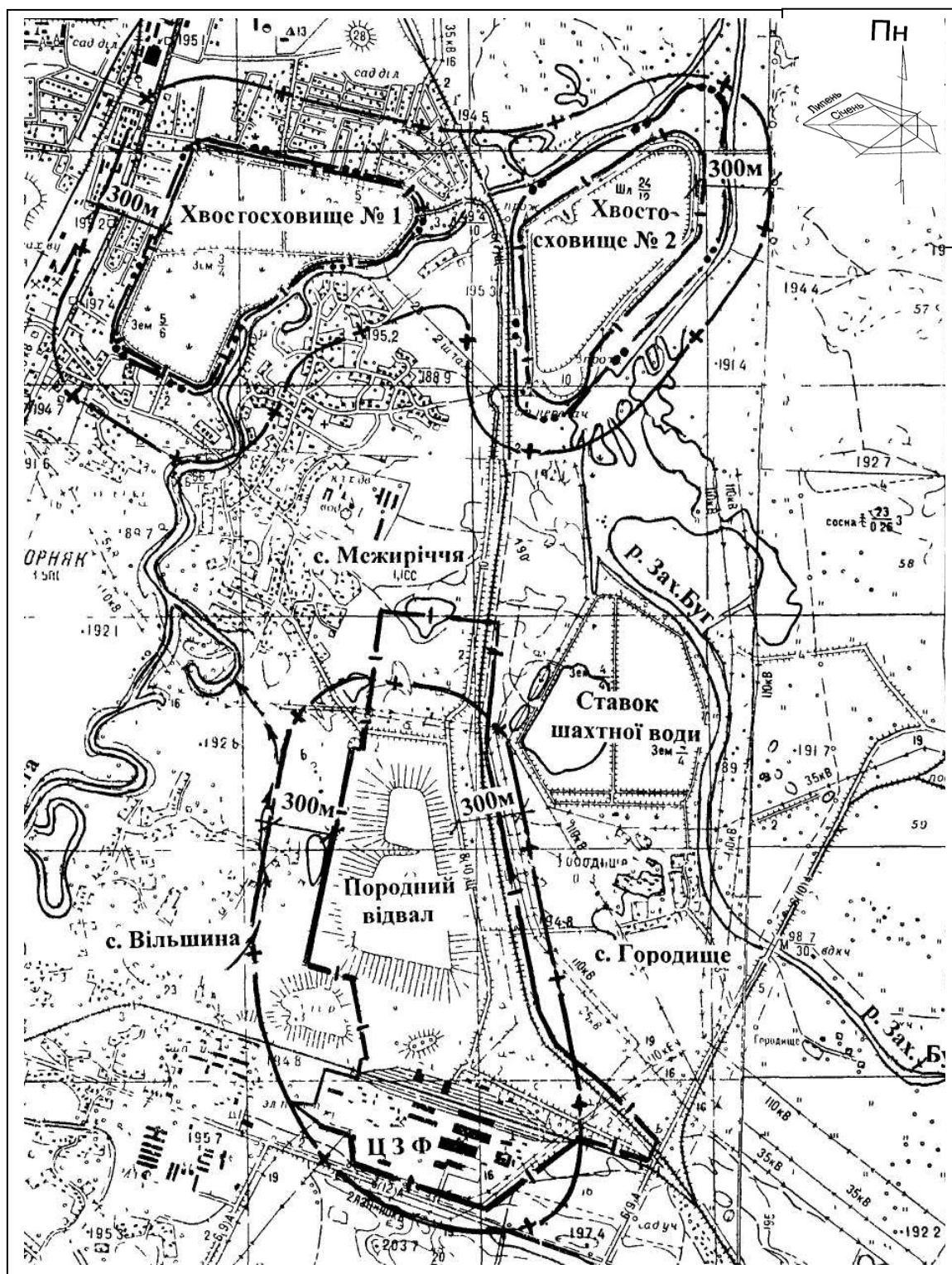
38. Урядовий портал. Концепція розвитку вугільної промисловості. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 7 липня 2005 р. № 236-р. <https://www.kmu.gov.ua/npas/18609693>

39. Филиппчук 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.

40. Хмарна О. Європа створила Фонд справедливої трансформації. Чи можливо таке в Україні? Екологічна організація «Екодія». 2021. URL: <https://ecoaction.org.ua/eu-stvoryla-fond-transformatsii.html>

41. Центральна збагачувана фабрика. URL: <https://mistaua.com/%D0%BC%D0%B0%D0%BF%D0%B0/?setcity=1096#l=4,0&c=50.30334834255992,24.207558631896976,50.322806178860425,24.24540996551514> (дата звернення: 05.10.2025).
42. Baic I., Blaschke W. Deshaling technology – a perspective method of enrichment of coal in Poland. *Збагачення корисних копалин*, 2016. Вип. 63(104). <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/151408>
43. Bozhenko A., Grygorieva L., Aleksieieva A., Makarova O. Phytomelioration of tailing ponds to ensure safety of population around enterprises. *Ecology and Production*. 2022. № 1(40). P. 7–10. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.1>
44. European Commission, Directorate-General for Environment, BIO Intelligence Service, Ecologic Institute, Hirschnitz-Garbers, M., Tröltzsch, J., et al., Study on Implementation report for Directive 2006/21/EC2 on the management of waste from extractive industries (Mining Waste Directive): final report, Publications Office, 2014, <https://data.europa.eu/doi/10.2779/48864>
45. Gui X., Liu J., Cao Y. et al. Coal Preparation Technology: Status and Development in China. *Energy & Environment*. 2015. 26 (6-7). P. 997-1014.
46. Ritesh K., Sadanand S., Kanak T., Sundararajan M. Environmental issues of coal mines and its allied industries: suggestive measures for root level remedies. *International conference and exhibition on energy & environment: challenges & opportunities*: Conference Paper. (May 2019, New Delhi). P. 332-339.
47. Subba Rao D. V., Gouricharan T. Coal Processing and Utilization. Boca Raton: CRC Press, 2019. 508 p.

Ситуаційний план



Умовні позначення:

- | — Межа території об'єктів ЗФ
 ПАТ «Львівська вугільна компанія»
 — + — Санітарно-захисна зона

Додаток Б

Перелік запропонованих природоохоронних заходів і очікуваний екологічний ефект

№	Напрямок заходу	Зміст заходу	Очікуваний екологічний ефект
1	Зменшення пилових і газових викидів	Установка багатоступеневих систем газоочищення; герметизація транспортерів і вузлів перевантаження; зрошення пилових зон	Зниження концентрації пилу у повітрі до <50 мг/м ³ ; покращення санітарних умов праці; зменшення забруднення приземного шару атмосфери
3	Рекультивация породних відвалів	Формування стійкого рельєфу, покриття родючим шаром, посів трав, висадження деревних порід	Зменшення пилоутворення; стабілізація схилів; поступове відновлення біорізноманіття
4	Фітомеліорація території фабрики	Озеленення проммайданчика і санітарно-захисної зони, створення лісосмуг	Поглинання CO ₂ , зменшення пилового навантаження, підвищення естетичної та рекреаційної цінності території
5	Очищення стічних вод	Використання багатоступеневої системи очищення: відстійники → коагуляція → фільтрація → сорбція	Зменшення вмісту завислих речовин, сульфатів; можливість повторного використання води
6	Зниження енергоспоживання	Впровадження енергозберігаючих електродвигунів, систем рекуперації тепла сушильних агрегатів	Зменшення витрат електроенергії на 10-15%; зниження обсягів непрямих викидів CO ₂
7	Утилізація відходів виробництва	Переробка породи для виробництва будівельних матеріалів (щебінь, цегла, бетонні заповнювачі)	Скорочення площ під відвали; зменшення обсягів твердих відходів; додатковий економічний ефект
9	Інформаційна та екологічна освіта	Проведення навчань з охорони довкілля, оптимізації ресурсів, управління відходами	Формування екологічної культури; зниження ризику аварій і несанкціонованих викидів