

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Факультет гірничо-металургійний  
Кафедра безпеки праці та охорони довкілля

*«Допущено до захисту»*  
Гарант ОПП «Інноваційні технології та  
системи захисту навколишнього  
середовища»

Дмитро ПІКАРЕНЯ

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Інноваційні технології та системи захисту навколишнього  
середовища»

за спеціальністю 183 Технології захисту навколишнього середовища

на тему «Заходи щодо запобігання пилінню на хвостосховищі  
гірничозбагачувального комбінату»

Керівник роботи

Наталія МАКСИМОВА

Консультант від  
бази практики

Інна ВОЛЬЩИКОВА

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Катерина АВЛАСЬОНОК

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Альона КОПІЙКА

Кам'янське 2024

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	гірничо-металургійний
Кафедра	безпеки праці та охорони довкілля
Ступінь вищої освіти	магістр
Спеціальність	183 Технології захисту навколишнього середовища
ОПП	Інноваційні технології та системи захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

Дмитро ПІКАРЕНЯ

«11» вересня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Авласьонук Катерина Іванівна

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи: Заходи щодо запобігання пилінню на хвостосховищі гірничозбагачувального комбінату

керівник роботи Максимова Наталія Миколаївна кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля

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

затверджені наказом Університету від 29.08. 2023 р. №137.1/29.08.2023

2. Термін подання роботи 16.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Навчальна і нормативно-технічна література, науково-дослідницькі роботи присвячені екологічному впливу та методам боротьби з пилінням, технологічні інструкції, дані переддипломної практики тощо.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Реферат. Зміст. Вступ. 1. Огляд впливу пилового навантаження на компоненти довкілля. 2. Огляд деяких екологічних проблем хвостового господарства 3. Заходи щодо запобігання пилінню на хвостосховищі гірничо-збагачувального комбінату 4. Охорона праці. 5. Економічна частина. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Презентація з 14 слайдів

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта

7. Дата видачі завдання 11.09.2023

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Огляд впливу пилового навантаження на компоненти довкілля	25.12.2023 – 28.12.2023
2	Розділ 2. Огляд деяких екологічних проблем хвостового господарства.	25.12.2023 – 28.12.2023
3	Розділ 3. Заходи щодо запобігання пилінню на хвостосховищі гірничозбагачувального комбінату	28.12.2023 – 02.01.2024
4	Розділ 4 Охорона праці	03. 01.2024 – 07.01.2024
5	Розділ 5 Економічна частина	03. 01.2024 – 07.01.2024
6	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	07.01.2024 – 08.01.2024
7	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	08.01.2024 – 10.01.2024
8	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.01.2024 – 16.01.2024
9	Рецензування завершеної роботи. Захист	16.01.2024 – 24.01.2024

Здобувач

Катерина ІВАНІВНА

Керівник роботи

Наталія МИКОЛАЇВНА

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної роботи магістра: 101 с., 18 рис., 14 табл., 41 джерел, 2 додатки.

**Мета роботи:** удосконалити систему заходів з пилопригнічення поверхонь хвостосховища гірничозбагачувального комбінату на підставі аналізу існуючих та пошуку нових технологій, зокрема зелених.

**Об'єкт дослідження:** процес забруднення навколишнього середовища твердими суспендованими частинками з поверхонь хвостосховища.

**Предмет дослідження:** методи удосконалення системи пилопригнічення на діючому хвостосховищі.

У вступі розглянуто проблемну ситуацію щодо пилопригнічення діючого хвостосховища.

В теоретичній частині розглянуто вплив пилу на атмосферне повітря і здоров'я людей.

В дослідницькому розділі розглянуті методики оцінки параметрів пиління та технології пилопригнічення хвостосховищ, а також визначена кількість води для поливу доріг.

У технологічному розділі проведено аналіз існуючих методів зниження пиління та запропоновано заходи щодо їх удосконалення.

В четвертому розділі розглянуті заходи для безпечного виконання різних робіт в хвостовому господарстві.

В економічному розділі наведено економічне обґрунтування застосування реагентів та зелених насаджень для закріплення хвостів.

В висновках наведені основні результати кваліфікаційної роботи.

**ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ, ПИЛІННЯ, ХВОСТОСХОВИЩЕ, ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ, РЕАГЕНТИ.**

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1 ОГЛЯД ВПЛИВУ ПИЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА КОМПОНЕНТИ ДОВКІЛЛЯ.....	9
1.1 Вплив запиленого повітря на здоров'я людини	9
1.2 Сучасний екологічний стан атмосферного повітря міста Кривого Рогу.....	11
1.3 Огляд існуючих технологій з пилопригнічення поверхонь хвостосховищ.....	14
2 ОГЛЯД ДЕЯКИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ХВОСТОВОГО ГОСПОДАРСТВА .....	17
2.1 Характеристика хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК».....	17
2.2 Стисла характеристика водного балансу хвостосховища..	21
2.3 Система оборотного водопостачання комбінату.....	23
2.4 Вплив хвостосховища на атмосферне повітря.....	26
2.5 Методика розрахунку вмісту забруднюючих речовин викиду від неорганізованих джерел забруднення атмосфери .....	30
3 ЗАХОДИ ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ ПИЛІННЮ НА ХВОСТОСХОВИЩІ ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ .	32
3.1 Боротьба з пилінням хвостосховища.....	32
3.2 Аналіз ефективності використання реагентів на хвостосховищі.....	37
3.3 Підтримка рівня води на проєктній відмітці .....	41
3.4 Кріплення дамб, ділянок технологічних доріг, укосів дамб скельними породами .....	41
3.5 Закріплення поверхні дамб хвостосховища.....	44
3.6 Підготовка хвостів для подальшої висадки зелених	45

насаджень.....	6
3.7 Посів культур на карті .....	49
3.8 Рекомендації що до підбору виду рослин для озеленення карти.....	56
3.9 Технологія нанесення в'язучих речовин на карту	57
4 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	59
4.1 Загальні вимоги охорони праці на хвостосховищі .....	59
4.2 Охорона праці для робітників хвостосховища .....	60
4.3 Охорона праці при обслуговуванні машин і механізмів ...	62
4.4 Візуальні спостереження .....	64
4.5 Перевірка роботи контрольно-вимірювальної апаратури	65
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	66
5.1 Розрахунок пилового навантаження з ділянок хвостосховища.....	66
5.2 Визначення екологічного податку за вики твердих речовин .....	68
5.3 Економічне обґрунтування застосування реагентів та зелених насаджень для закріплення хвостів .....	69
ВИСНОВКИ .....	76
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА.....	78
ДОДАТОК А Публікації за темою досліджень.....	84
ДОДАТОК Б Графічні матеріали .....	97

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Одною з основних проблем Криворіжжя є незадовільний стан атмосферного повітря, котрий обумовлений виробничою діяльністю гірничодобувних підприємств. До основних джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря можна віднести діючі хвостосховища, кар'єри та транспортну систему. Однією з забруднюючих речовин (маркерів) є пил, котрий негативно впливає не лише на навколишнє середовище, а й на здоров'я людини. За умов не дотримання правил експлуатації діючі хвостосховища можуть стати потужними джерелами винесення пилу у атмосферне повітря при швидкості вітру понад 3 м/с. В залежності від рози вітрів під ризиком впливу пилового навантаження можуть опинитись селітебні території. Тому удосконалення системи заходів з пилопригнічення поверхонь хвостосховища та пошук нових відповідних технологій є актуальною науково-практичною задачею.

**Мета роботи:** удосконалити систему заходів з пилопригнічення поверхонь хвостосховища гірничозбагачувального комбінату на підставі аналізу існуючих та пошуку нових технологій, зокрема зелених.

**Об'єкт дослідження** – процес забруднення навколишнього середовища твердими суспендованими частинками з поверхонь хвостосховища.

**Предмет дослідження:** методи удосконалення системи пилопригнічення на діючому хвостосховищі.

Завдання, які плануються вирішити:

1. Проаналізувати вплив пилового навантаження на екологічну ситуацію м. Кривий Ріг.

2. Дослідити експлуатацію та процеси пилоутворення на хвостосховищі гірничозбагачувального комбінату.

3. Дослідити існуючі методи пилопригнічення та розглянути можливі шляхи удосконалення системи пилопригнічення поверхонь хвостосховища гірничозбагачувального комбінату.

4. Розглянути заходи для безпечного виконання робіт в хвостовому господарстві.

5. Економічно обґрунтувати ефективність впровадження методів боротьби з пилінням.

**Методи дослідження:** Для реалізації визначених завдань застосовані загальнонаукові методи дослідження: методи порівняння, аналізу, спостереження, вимірювання, розрахунку. Для еколоморфологічного аналізу трав'янистого покриву на карті хвостосховища використано польові (визначення схожості культивованих рослин) та еколого-аналітичні (аналіз результатів опису) методи. Розрахункові методи використано для визначення річної кількості викидів пилу неорганічного від неорганізованого джерела забруднення атмосферного повітря.

**Очікуваний результат:** покращити екологічні показники виробничої діяльності та мінімізувати вплив пилу на довкілля шляхом впровадження операційних покращень.

За результатами досліджень опубліковано тези доповіді на: Національному форумі «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології», яка відбулася 21–23 листопада 2023 року; на Міжнародній науково-технічній конференції «MININGMETALTECH 2023 – Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти», яка відбулася 29–30 листопада 2023 року (дод. А).

# 1 ОГЛЯД ВПЛИВУ ПИЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА КОМПОНЕНТИ ДОВКІЛЛЯ

## 1.1 Вплив запиленого повітря на здоров'я людини

Атмосферне повітря промислових регіонів України зазнає суттєвого техногенного навантаження, внаслідок чого зазнають впливу всі компоненти навколишнього середовища, зокрема й сама людина. Однією з шкідливих речовин є пил. Пил – це дрібні частинки, які знаходяться у повітрі у зваженому стані.

Міжнародна організація зі стандартизації у 1995 р. надає наступне визначення: пил – це дрібні тверді частинки, діаметром менше 75 мкм. В «Глосарії термінів хімії атмосфери» 2017 року [12] зазначається, що пил має діаметр близько 1–100 мкм. Інші дослідники класифікують як пил розміром менше 60 мкм. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) у 1999 р. зазначає, що частинки пилу, які більші за 30 мкм, можуть осідати у дихальних шляхах голови, тоді як дрібніші частинки можуть проникати до альвеол [5].

У 2021 р. відбулось оновлення рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо якості повітря [6], було рекомендовано підвищити вимоги щодо знепилення повітря. Рекомендовані рівні AQG 2021 за вмістом суспендованих твердих частинок є: PM<sub>2.5</sub> – довготривала дія (середньорічний показник) – з 10 мкг/м<sup>3</sup> до 5 мкг/м<sup>3</sup>, короткочасна дія (8-годинний вплив) – з 25 мкг/м<sup>3</sup> до 15 мкг/м<sup>3</sup>; PM<sub>10</sub> – довготривала дія – з 20 мкг/м<sup>3</sup> до 15 мкг/м<sup>3</sup>, короткочасна дія – з 50 мкг/м<sup>3</sup> до 45 мкг/м<sup>3</sup> [7].

Також Агентство з охорони навколишнього середовища США

(United States Environmental Protection Agency (EPA) запропонувало 6 січня 2023 р. переглянути та внести ряд вимог щодо вмісту суспендованих твердих частинок у повітрі (PM): змінити стандарт PM<sub>2,5</sub> дрібного пилу з поточного середньорічного рівня 12,0 мкг/м<sup>3</sup> до діапазону від 9,0 до 10,0 мкг/м<sup>3</sup> [3].

В залежності від розміру частинок і хімічного складу пилу та часу, протягом якого він впливає на організм людини, у людей різного віку можуть виникати різні патології ураження легеневої тканини. При тривалому і постійному вдиханні пилу виникають професійні захворювання. Наприклад, пневмоконіоз – це розростання сполучної тканини в легенях, що впливає на зменшення її дихальної поверхні, та може спричинити інші захворювання, які пов'язані зі зменшенням кисню в організмі. Також доволі поширеною хворобою є силікоз легень, який спостерігається у працівників, пов'язаних в видобутком руди. Причиною захворювання людини стає довготривале і постійне вдихання пилу, що містить вільний діоксин кремнію. Саме він запускає безповоротні патологічні процеси в організмі людини. Тобто в легенях накопичуються дрібні частинки пилу, які призводять до запалення і фіброзу.

За даними Державної служби статистики України у 2017 р. зазнають впливу пилових частинок 17 млн. осіб, що складає 34% від загальної чисельності населення країни [14]. Також в 3 – 4 рази збільшилась кількість народження дітей з вадами розвитку, порівняно з чистішими регіонами. У двічі збільшилась захворюваність на алергічні хвороби, хвороби пов'язані з органами дихання, якщо порівняти з чистими регіонами [14].

Зменшення пилу газових викидів у атмосферне повітря призведе до зменшення рівня захворюваності місцевого населення в зоні впливу джерел техногенного навантаження.

## 1.2 Сучасний екологічний стан атмосферного повітря міста Кривого Рогу

Великий вплив на екологічний стан міста створює інтенсивна діяльність гірничодобувних, металургійних, коксохімічних та інших виробництв. Основними підприємствами забруднювачами атмосферного повітря міста Кривого Рогу є: ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг", ПАТ "Південний гірничо-збагачувальний комбінат", ПРАТ "Північний гірничо-збагачувальний комбінат", ПРАТ "Центральний гірничо-збагачувальний комбінат", ПРАТ "Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат", ПАТ "Кривбасзалізрудком", ПРАТ "ЄВРАЗ СУХА БАЛКА", ПАТ "ХайдельбергЦемент Україна", ПРАТ "Криворізький завод гірничого обладнання", ДП "Криворізька теплоцентраль" [34].

Згідно з даними щодо викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, які наведено у екологічному паспорті м. Кривий Ріг, виявлена наступна тенденція поступового зменшення техногенного навантаження. За період 2015 – 2020 рр. викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин у 2020 році склали майже 224 тис. тонн, що на 17% менше, ніж у 2019 році, і на 30% нижче, ніж у 2015 році (табл. 1.1) [34].

Таблиця 1.1 – Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферному повітрі протягом 2015-2020 років [34]

Роки	Викиди в атмосферне повітря, тис. тонн	Щільність викидів у розрахунку на 1 км <sup>2</sup> , тонн	Обсяг викидів у розрахунку на 1 особу, кг
2015	326,8	507	760
2016	342,02	538	795

Роки	Викиди в атмосферне повітря, тис. тонн	Щільність викидів у розрахунку на 1км <sup>2</sup> , тонн	Обсяг викидів у розрахунку на 1 особу, кг
2017	323,28	513	752
2018	266,5	425	620
2019	269,9	434	628
2020	223,9	364	521

У загальному обсязі викидів в атмосферне повітря України частка промислових підприємств міста Кривий Ріг складає 11%, а по Дніпропетровській області – 42%. Щільність викидів на 1км<sup>2</sup> площі міста Кривий Ріг складає 364 тони за 2020 р.

Основними забруднюючими речовинами атмосферного повітря є оксид вуглецю – 172,45 тис. тонн, пил – 29,06 тис. тонн, діоксин азоту – 11,45 тис. тонн, оксид сірки – 8,66 тис. тонн., які складають майже 99% від загального обсягу забруднюючих речовин (рис. 1.1) [34].

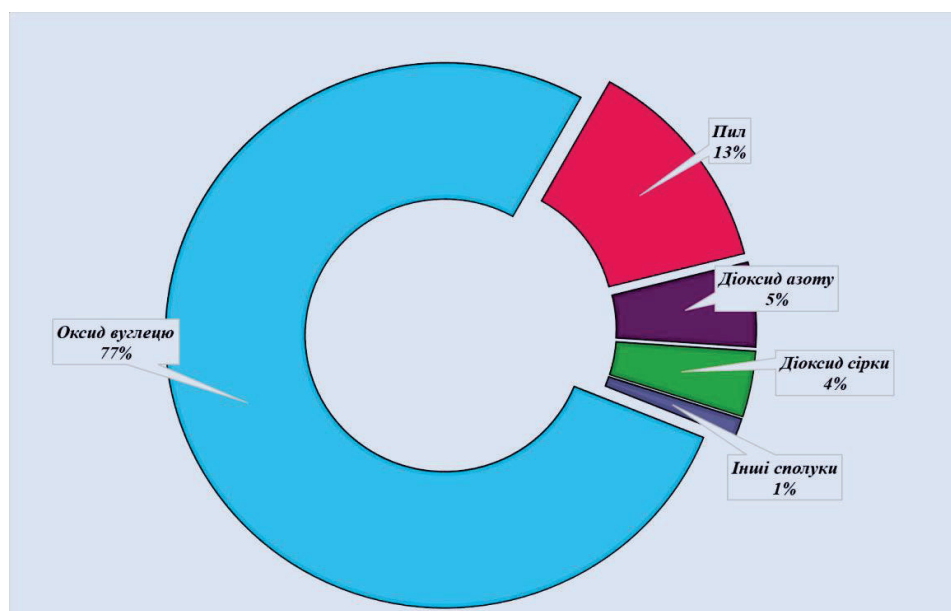


Рисунок 1.1 – Співвідношення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря [34]

На території міста розташовано 8 діючих кар'єрів. В котрих виконуються масові вибухи. У результаті яких відбувається викид наступних шкідливих речовин в атмосферне повітря: пилу, діоксину азоту, оксиду вуглецю (табл. 1.2) [34].

Таблиця 1.2 – Вміст забруднюючих речовин в атмосферному повітрі міста Кривий Ріг [34]

Назва забруднюючої речовини	Середньорічний вміст, мг/м <sup>3</sup>	Середньодобові ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Максимальні разові ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Максимальний вміст, мг/м <sup>3</sup>
Пил	0,4	0,15	0,5	2,1
Діоксид сірки	0,016	0,05	0,5	0,065
Оксид вуглецю	2,0	3,0	5,0	19,0
Діоксид азоту	0,05	0,04	0,2	0,47
Оксид азоту	0,02	0,06	0,40	0,12
Сірководень	0,002	-	0,008	0,008
Фенол	0,002	0,003	0,010	0,026
Аміак	0,01	0,04	0,20	0,06
Формальдегід	0,014	0,003	0,035	0,087

У 2023 році ситуація у місті змінилась, оскільки військові дії на території країни призупинили роботу деяких підприємств повністю, а інших – частково. Тому знизився рівень забрудненості атмосферного повітря (табл. 1.3) [39].

Таблиця 1.3 – Середньомісячні концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі станом на червень 2023 року у місті Кривий Ріг (мг/м<sup>3</sup>) [39]

Назва домішок	Граничнодопустима концентрація максимально разова	Номер постів				
		1	2	3	6	7
Завислі речовини (Пил)	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7
Діоксид сірки	0,5	0,034	0,039	0,037	0,040	0,042
Оксид вуглецю	5	2	3	4	2	3
Діоксид азоту	0,2	0,07	0,07	0,06	0,08	0,08
Оксид азоту	0,4			0,02		
Сірководень	0,008	0,003	0,002	0,001	0,004	0,003
Фенол	0,010	0,004	0,004	0,003	0,009	0,005

Назва домішок	Граничнодопустима концентрація максимально разова	Номер постів				
		1	2	3	6	7
Аміак	0,20	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02
Формальдегід	0,035	0,029	0,030	0,032	0,030	0,026

Примітка. ПЗС №1 – вул. Каховська, 38 (Металургійний р-н); ПЗС №2 – вул. Степана Тільги, 20 (Металургійний р-н); ПЗС №3 – пл. Визволення (Центрально – Міський р-н); ПЗС №6 – вул. Груні Романової, 6а (Інгулецький р-н); ПЗС №7 – вул. Героїв АТО, 92 (Долгинцівський р-н)

Згідно табл. 1.3 ми бачимо перевищення гранично допустимих норм пилу протягом місяця на всіх постах. Всі інші речовини знаходяться в межах норми. Отже удосконалення і розробка нових заходів щодо пилопригнічення основних джерел викидів суспендованих частинок у атмосферне повітря загалом у місті Кривий Ріг та на підприємствах зокрема є актуальною науково-практичною задачею.

Слід відзначити, що хвостосховища за неналежних умов їх експлуатації можуть стати потужними джерелами дрібного, респірабельного пилу, який викликає різні хвороби серед місцевого населення.

### 1.3 Огляд існуючих технологій з пилопригнічення поверхонь хвостосховищ

Хвостосховище – це штучно створена технічна споруда у природному ландшафті, для зберігання відходів промислових підприємств.

Хвостосховища м. Кривого Рогу є об'єктами потенційної екологічної небезпеки, а тому їх слід оцінювати як джерела забруднення атмосферного повітря, підземних вод і джерел

водопостачання, ґрунтів, як причину зміни рослинного покриву і тваринного світу та впливу на здоров'я людини.

Особливу увагу необхідно приділити картам хвостосховища, та утворення сухих пляжів, які є джерелом пиління. Для боротьби з пилінням використовують різні методи. Від простого поповнення водного балансу до використання різних хімічних компонентів і реагентів. До одних із запропонованих органічних в'язучих є продукти отримані при переробці нафти. Але великим недоліком є токсичність речовини. Поширення набуло використання полімерних речовин, які мають в'язучу структурну формулу, такі як: латекси, поліакриламід смола, співполімери, швидко застигаючі розчини полімерних смол тощо. Полікомплекси мають широкий комплекс корисних властивостей: відмінна структуроутворююча здатність, стійкість до водної ерозії, технологічність. Високу ефективність використання силікатних розчинів, для закріплення поверхні хвостів, відзначають як вітчизняні дослідники, так і закордонні [16]. До недоліків методу належать: короткий термін служби покриття, здатність до розмивання, а також дефіцитність рідкого скла. Проводилося дослідження [16] закріплення хвостів спіненою швидко застигаючою піною з розчину: піноутворювач ПО-І 2-3%, смола КФ-МТ 15-30%, затверджував  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  і  $\text{HCl}$  – 3-4%, решту у відсотковому співвідношенні склала вода.

На деяких хвостосховищах гірничозбагачувальних комбінатів (ГЗК) України як закріплювач застосовується сульфатне мило, яке є побічним продуктом сульфатного варіння целюлози, що виділяється при відстоюванні сульфатного луґу. Суміш сирого сульфатного мила (ССМ) з водою (при концентраціях ССМ 5-25%) дозволяє зменшити пилоутворення на 99,4-100%. Недоліком є його частота нанесення, оскільки стійкість розчину лише 15 діб, а також складність транспортування. Також використовувалося [16] закріплення пляжів глинистою суспензією з додавання води, рідкого скла та інших

компонентів. Недоліком стала дорожнеча необхідної кількості рідкого скла та неможливість використання його у зимовий період. Одним із методів пилопригнічення є обробка хвостосховища розчином на основі торфу, що створює захисний шар, а в майбутньому стане гарною основою для засадження рослин. Також популяризується висівання рослинного покриття на картах хвостосховища [16].

Розглянемо більш детально технологічні рішення щодо пилопригнічення та їх ефективність на прикладі хвостосховища Приватного акціонерного товариства «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» (ПРАТ «ПІВНГЗК»).

## 2 ОГЛЯД ДЕЯКИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ХВОСТОВОГО ГОСПОДАРСТВА

### 2.1 Характеристика хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК»

ПРАТ «ПІВНГЗК» [24] розташоване у північній частині міста Кривий Ріг Дніпропетровської області (рис. 2.1) та вважається одним з найбільших гірничодобувних підприємств Європи, виробнича діяльність якого складається з повного циклу: від видобутку залізної руди, до підготовки доменної сировини – залізородного концентрату, обкотишів.



Рисунок 2.1 – Місце розташування ПРАТ «ПІВНГЗК» (зроблено фото за допомогою Google Maps)

Станом на 2023 рік до складу Північного гірничо-збагачувального комбінату разом з двома кар'єрами Ганівським і Першотравневим входять: 3 збагачувальні фабрики, 2 цехи з виробництва обкотишів, а також ряд допоміжних цехів, які обслуговують основне виробництво [24].

Основним методом збагачення є магнітний у слабкому полі.

промислових підприємств. На теперішній час моніторинг здійснюється за 9 забруднюючими речовинами, а саме: діоксид азоту, оксид азоту, оксид вуглецю, сірководень, діоксид сірки, аміак, пил, озон та етан.

У 2018 році на ПРАТ «ПІВНГЗК» було впроваджено автоматизовану систему екологічного моніторингу (АСЕМ).

Розглянемо узагальнену схему АСЕМ, яка умовно складається із двох рівнів.

Перший рівень – це, власне, стаціонарні пости та газоаналізатори, які організовані на базі приміщень промислових підприємств або у окремих контейнерах. Зазвичай стаціонарний пост представлений у вигляді капітального приміщення або контейнеру, які повинні бути обладнані аналітичним комплексом для забезпечення вимірювання концентрацій забруднювачів. Комплектація обладнання посту залежить від вимог замовника. Наприклад, автотрасові газоаналізатори розташовуються переважно на світлофорних стовпах із технічною можливістю автономного живлення і можливістю збереження інформації та передачі даних бездротовим способом.

Другий рівень – центральний пульт АСЕМ, який складається з одного або декілька персональних комп'ютерів (ПК) та обладнаний приладами для збору, обробки і збереження інформації з усіх компонентів автоматизованої системи моніторингу якості повітря.

Автоматизована система екологічного моніторингу природного довкілля забезпечує виконання наступних функцій:

- вимірювання концентрацій хімічних речовин в атмосферному повітрі, поверхневих і підземних водах, ґрунтах;
- сигналізація перевищення концентрації забруднюючих речовин;
- візуалізація контрольованих параметрів на автоматизоване робоче місце оператора (АРМ-оператора);
- побудова спеціалізованих екологічних карт;

- захист інформації від несанкціонованого доступу;
- архівування інформації;
- формування звітів;
- ведення баз даних.

Як приклад наведено АСЕМ Парус (рис. 2.2) [20].



Рисунок 2.2 – Система АСЕМ Парус [20]

Спостереження за станом повітря проводиться на ПРАТ «ПІВНГЗК» цілодобово завдяки автоматизованій системі моніторингу. При порушенні чи відхиленні параметрів від встановлених норм ГДК, автоматично складається звіт і відправляється відповідальним особам на підприємстві.

Наприклад, аналіз даних моніторингу повітря, які наведені у звіті за період з 1 квітня по 14 квітня 2020 р. на сайті ПРАТ «ПІВНГЗК» [26] показав, що основною забруднюючою речовиною є пил (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Разові метеорологічні та якісні показники

атмосферного повітря на стаціонарному посту автоматичного спостереження №2, розташованого в м. Кривий Ріг, вул. Маршака, 50 [26]

Запис	Дата зняття	Дата надходження	Напрямок вітру, °	Швидкість вітру, м/с	Температура повітря, °С	Атмосферний тиск, мм. рт. ст.
id	DateTimeIn	DateTime	Wind_Direction	Wind_Speed	Air_Temp	Relative_Air_Pressure
1	2	3	4	5	6	7
92196	13.04.2020 11:00:00	13.04.2020 11:14:00	172.80	2.72	12	754
Relative_Humidity	Precipitation	Gas_CO	Gas_SO2	Gas_NO2	Dust	
8	9	10	11	12	13	
27.28	0.00	0.0000	0.000	0.0000	0.019	

Аналіз табл. 2.4 показав, що основною забруднюючою речовиною промислового майданчика є пил неорганічний, що містить двоокис кремнію ( $\text{SiO}_2$ ) від 70 до 20 %, концентрація якого у повітрі сягає  $0.000019 \text{ мг/дм}^3$  станом на 13.04.2020 р. Згідно з Наказом Міністерства охорони здоров'я України №52 від 14.01.2020 р. дана забруднююча речовина відноситься до 3 класу небезпеки, а її вміст в повітрі населених міст не повинен перевищувати середньодобової гранично допустимої концентрації (ГДК) –  $0,1 \text{ мг/м}^3$ , максимально разової ГДК –  $0,3 \text{ мг/м}^3$ .

З точки зору впливу на атмосферне повітря хвостосховище слід розглядати як стаціонарне неорганізоване джерело забруднення атмосферного повітря з можливим пилінням окремих його ділянок.

Загалом на території гірничо-видобувних підприємств налічується велика кількість майданчиків, які не покриті ґрунтоутворюючими шарами та не закріплені іншим способом, що зазнають посиленої вітрової ерозії, стають причиною утворення пилових фракцій, які здуваються вітром у сухі періоди року. Запилення повітря негативно позначається на здоров'ї працівників підприємства, місцевих жителів прилеглих територій, а також впливає на екологічний стан сільськогосподарських угідь та земель інших категорій.

Для кращого розуміння процесів пилоутворення та відповідної

оцінки впливу має велике значення кліматичні умови розташування хвостосховища, які розглянуті нижче.

Кліматичні умови району розташування хвостосховища відноситься до помірно-континентального степового типу з сухим спекотним літом та помірно холодною малосніжною зимою з частим відлигами. Середньорічна температура  $+8^{\circ}\text{C}$ , мінімальна багаторічна  $-35^{\circ}\text{C}$ , максимальна багаторічна  $+40^{\circ}\text{C}$ . Глибина промерзання ґрунту 0,8-0,1 м. За даними багаторічних спостережень на території розташування хвостосховища переважають вітри північно-східного північного та східного напрямків. Роза вітрів за даними паспорту хвостосховища [31]: північний – 15,4 м/с, північно східний – 16,1 м/с, східний – 15,2 м/с, південно східний – 10,3 м/с, південний – 9,8 м/с, південний захід – 10,3 м/с, західний – 11,5 м/с, північно західний – 8 м/с. Середньорічна кількість атмосферних опадів складає 406 – 439мм. Середньорічна абсолютна вологість повітря – 8,7мм та відносна вологість повітря 68%. Випаровування з земної поверхні складає 400 – 500 мм, з водної поверхні – 550 – 900 мм. Район розташування хвостосховища вважається недостатньо зволуженим.

2.5 Методика розрахунку вмісту забруднюючих речовин викиду від неорганізованих джерел забруднення атмосфери

Питоме пиловиділення  $\omega$  ( $\text{мг/с}\cdot\text{м}^2$ ) з пилючих поверхонь визначаємо за формулою [40]:

$$\omega = a \cdot V \cdot b \quad (2.1)$$

де  $a, b$  – емпіричні коефіцієнти, що залежать від типу порід; для дрібнодисперсних скельних порід –  $a = 0,00087$ ,  $b = 4,19$ ;

$V$  – швидкість вітрового потоку, м/с.

Середньорічна швидкість вітру в м. Кривому Розі, за кліматичним атласом, становить 5 м/с. Тоді розрахунки за формулою (5.1):

$$\omega = 0,00087 \cdot 5 \cdot 4,19 = 0,0182265 \text{ мг/с} \cdot \text{м}^2,$$

$$0,0182265 \text{ мг/с} \cdot \text{м}^2 = 574790,904 \text{ мг/рік} \cdot \text{м}^2 \approx 0,000584 \text{ т/рік} \cdot \text{м}^2.$$

Оскільки пиловиділення розраховуємо для всіх поверхонь хвостосховища, які потенційно можуть пилити, загальним розміром  $630630 \text{ м}^2$ , то отримуємо:

$$630630 \text{ м}^2 \cdot 0,000584 \text{ т/рік} = 368,29 \text{ т/рік}.$$

Інтенсивність пиловиділення при  $V = 5$  м/с становлять у середньому  $\omega = 5$  мг/с $\cdot$ м<sup>2</sup>, а маса пилу, що здіймалася в атмосферу з 1 м<sup>2</sup>, становитиме – 0,002 кг/добу. Винесення твердих часток з 63,063 га за рік складе 368,29 т.

## 3 ЗАХОДИ ЩОДО ЗАПОБІГАННЯ ПИЛІННЮ НА ХВОСТОСХОВИЩІ ГІРНИЧОЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

### 3.1 Боротьба з пилінням хвостосховища

За рекомендаціями п. 5.2.6.1 ДБН В.2.4-5:2012 "Хвостосховища і шламонакопичувачі. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво" боротьба з пиловиділенням є засобом для захисту від забруднення атмосферного повітря, рослин, ґрунту, поверхневих вод і повинна передбачатися на хвостосховищах і шламонакопичувачах та інших спорудах, якщо при швидкості вітру понад 5 м/с може відбуватися забруднення повітря з перевищенням ГДК за межами санітарно-захисної зони (СЗЗ), в тому числі по сполуках важких металів [38].

Дані моніторингу повітря в зоні впливу хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» у відкритому доступі відсутні, але аналіз вище наведених даних показав, що задля попередження виникнення небезпечної ситуації внаслідок підвищеного пилового навантаження на повітряний басейн та, як наслідок, соціального ризику для працівників підприємства і мешканців прилеглих територій м. Кривий Ріг необхідно передбачати систему заходів з пилопригнічення на хвостосховищі.

Для попередження пилоутворення на хвостосховищі службами комбінату проводяться заходи технологічного і спеціального характеру.

До комплексу основних технологічних заходів відносяться:

- підтримка рівня води на проектній відмітці за допомогою водоскиду; максимальне покриття поверхні хвостосховища водою; чергування роботи пульпопроводу;

- кріплення дамб, ділянок технологічних доріг, укосів дамб скельними породами;

- застосування на пляжах карт закріплювальних матеріалів; закриття залізистими кварцитами карт хвостосховища та інші заходи.

Розглянемо запобіжні заходи з пилопригнічення, які впроваджуються на хвостовому господарстві ПРАТ «ПІВНГЗК».

За рекомендаціями діючого ДБН В.2.4-5:2012 для закріплення поверхні, яка виділяє пил, пропонується її зволоження. При цьому необхідну кількість води для зволоження поверхні, яка здатна виділяти пил, визначають з урахуванням початкової та оптимальної вологості верхнього шару хвостів, а саме від 5 см до 15 см [38]. Поливання рекомендується виконувати самохідними дощувальними та поливальними машинами. За потреби для поливання можливо передбачати поливальні насосні станції, або використовувати воду з оборотної системи технічного водопостачання з подальшою її подачею через напірний поливальний водопровід з насадками. За умови використання останнього методу напірний поливний трубопровід доцільно укласти по периметру хвостосховища по гребеню дамби.

Для фізико-хімічної стабілізації поверхні, яка здатна виділяти пил, доцільно використовувати в'язучі речовини. Для закріплення поверхні використовують різні в'язучі речовини. Наприклад в ДБН В.2.4-5:2012 [38] згадується про можливість використання бітумних емульсій, концентрацією 20 – 30 %, та інші речовини (високодисперсну глину та синтетичні водорозчинні полімери, продукти переробки вугілля, сланців, нафти тощо), а також ґрунти (щебінь, суглинок тощо) шаром від 5 см до 30 см і більше.

За рекомендаціями [38] можна використовувати бітумну емульсію 20%-вої концентрації з витратами 1,1-1,2 л/м<sup>2</sup>, емульсію 30%-вої концентрації – використовують для закріплення гребель, укосів дамб, намитих хвостів, з витратами 1,5 л/м<sup>2</sup>. Недоліками даної речовини є:

- під час розпилення та висихання можуть утворюватися розриви покриву шару плівки, внаслідок чого видувається частина пилу та ґрунтового покриву при швидкості вітру 5 м/с та більше. Це призводить до необхідності повторного нанесення;

- висока вартість бітумної емульсії та відсутність сировини в межах країни;

- не довготривала можливість експлуатації покриву, оскільки за сприятливих умов він тримається 2 – 3 місяці, а далі необхідно знову наносити розчин.

У 2008 році було проведено закріплення поверхні хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» розчином природного бішофіту (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Сухий пляж оброблений бішофітом

Фізико-хімічні властивості бішофіту: масляниста рідина, без кольору або має жовтого до світло коричневого відтінку. Речовина не має запаху. Щільність при температурі 20° С складає 1250 кг/м<sup>3</sup> [16].

Аналіз досліду показав ефективність бішофіту у суху погоду вологість обробленої ділянки зростала до 10%, а на необроблених знизилася до 0,9%. Взимку, під час настання мінусової температури повітря, вологість зберігалася та не замерзала, а на необроблених ділянках відбулася втрата вологи (за рахунок ожеледиці), що при

наявності вітру призвело до виносу пилу. Також під час підвищення температури повітря вологість необроблених ділянок знижується на 20% внаслідок випаровування з поверхні та склала 3,6 % вологи, що у значно менше у порівнянні з даними обробленої бішофітом ділянки – вологість сягає 11 % і більше. Через деякий час на даних ділянках після висихання розчину утворилася солонка кірка (рис. 3.2) [16], котра перешкоджає здування пилу.



Рисунок 3.2 – Утворення сольових виступів на поверхні сухого пляжу хвостосховища, закріпленої бішофітом [16]

Виявленим під час досліджень [16] недоліком було перенесення пилу з ділянок, які були не закріплені розчином, а також дорожнеча матеріалу, що свідчить про його економічну недоцільність для подальшого використання.

Також спільно з представниками компанії GRT з Ірландії на хвостосховищі ПРАТ «ПІВНГЗК» використовували сучасний реагент SoilLoc [24]. Речовина, успішно бореться з ерозією на родючих ґрунтах Ірландії та Голландії. На підприємстві використали для досліду розчин у різних пропорціях з водою, як 1:119 і 1:499. Також дана речовина застосовується для зменшення пилоутворення та кірко утворення на

відвалах. Хімічна природа речовини – сополімер на основі акрилової кислоти, мінеральна олія і вода. Фізико – хімічні властивості: має рідку форму білуватого відтінку. Значення рН варіює в діапазоні 3,9 – 4,4. Не є вибухо небезпечною речовиною, але під час пожежі у повітря можуть вивільнитися пари азотисті газу, оксиди вуглецю.

Також у 2023 році ПРАТ «ПІВНГЗК» разом з науково-дослідницьким гірничим інститутом проводили дослідження із зрошування сухих поверхонь розчином гуматового реагенту, до складу якого входять природна речовина – торф [26]. Оброблено було ділянка у розмірі 13,7 га. Продовж 3-х місяців кожні два тижні проводився моніторинг. За результатами проведених досліджень [26] було виявлено, що реагент утримує карти від розпоршування терміном до трьох місяців і довше.

Гуматний реагент є продуктом, що включає переробку бурого вугілля, основними діючими речовинами якого є натрієві і калієві солі гумінових кислот і желеподібні речовини, що являють собою тонко дисперсні вуглець-гумінові комплекси [40].

Фізико-хімічні властивості гумінових кислот і взаємодією пилових частинок гірничих порід, трактується структурною формулою кислоти гумату. Складна будова кислота її формулу важко визначити. Одним із функціональних груп, як OH, COOH, яку виявили у гуміновій кислоті, дає здатність взаємодіяти з поверхнею пилових частинок, у складі яких – оксиди металів (FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, TiO<sub>2</sub>) [40].

Під час сорбції неіонних органічних сполук на поверхні пиловидних частинок може утворитися міцел у водному розчині. Міцел – органічна сполука, яка при відокремленні з водного середовища, може закріплюватися полярними ділянками на поверхні пилових частинок, що призводить до неможливості викиду їх в атмосферу. Також, із катіонами важких металів гумінові кислоти можуть утворювати малорозчинні солі. Усі органічні кислоти здатні взаємодіяти з твердими

частинками порід у результаті протікання між ними реакції поліконденсації. Якщо обробити мінеральним субстратом вуглелужним реагентом, то утворюється покриття, до складу якого входять мінеральна, органічна, водна та газова підсистеми. Мінеральна система – є каркасом покриття, та за допомоги адгезійних властивостей органічних частин забезпечує механічну міцність. Водна підсистема – завдяки складу капілярів та гігроскопічної вологи та з газами, надають теплофізичних характеристик покриття. Мінеральна та органічна підсистеми виконують структуроутворюючу функцію. Всі ці властивості саме і визначають експлуатаційні характеристики створеного покриття [40].

Проведені досліджень показали, що водні розчини вуглелужного реагенту створюють на пилючих поверхнях механічне міцне захисне покриття. Що може запобігти винесенню пилу з поверхонь які оброблені даним реагентом.

### 3.2 Аналіз ефективності використання реагентів на хвостосховищі

Для аналізу було обрано 4 реагенти, один з яких досліджено в різних концентраціях нанесення на карту: бішофіт, гуматовий реагент (водний розчин 25-30%), Soil Loc (співвідношення «Soil Loc /вода» – 1:199 і 1:499), добрива рідкі органічні. Всі реагенти були для дослідження розпилені на хвостосховищі ПРАТ «ПІВНГЗК» показали різну ефективність (табл. 3.1) [11].

Таблиця 3.1 – Порівняння закріпленої товщини шару хвостів за допомогою в'язучих реагентів на хвостосховищі ПРАТ «ПІВНГЗК» [11]

№ п/п	Назва реагенту	Товщина шару, мм
1	Бішофіт	1,5
2	Гуматовий реагент (водний розчин 25-30%)	9,6
3	Soil Loc (співвідношення «Soil Loc /вода» – 1:199)	6,0
4	Soil Loc (співвідношення «Soil Loc/вода» – 1:499)	5,3
5	Добрива рідкі органічні	13,8

Пиловиділення з поверхні хвостосховища, обробленої різними в'язучими, при швидкості вітру ламінарного потоку 14 м/с наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняння ефективності застосування реагентів для закріплення хвостів на хвостосховищі ПРАТ «ПІВНГЗК» [11]

№ п/п	Назва реагенту	Пиловиділення, г/с	Концентрація пилу, г/м <sup>3</sup>	Ефективність реагенту, %
1	Бішофіт	$6,3 \cdot 10^{-5}$	3,5	65
2	Гуматовий реагент (водний розчин 25-30%)	$1,8 \cdot 10^{-5}$	1	90
3	Soil Loc (співвідношення «Soil Loc /вода» – 1:199)	$2,7 \cdot 10^{-5}$	1,5	85
4	Soil Loc (співвідношення «Soil Loc/вода» – 1:499)	$2,7 \cdot 10^{-5}$	1,5	83
5	Добрива рідкі органічні	$3,6 \cdot 10^{-5}$	2	80

Також є документи, які дозволяють використання даних хімічних реагентів (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Нормування можливості застосування реагентів для закріплення хвостів на хвостосховищі ПРАТ «ПІВНГЗК» [11]

№	Назва реагенту	Склад реагенту	Термін дії ТУ	Висновок державної санітарно епідеміологічної експертизи	Технічні умови
1	Бішофіт	Суміш неорганічних речовин (п.1.5 Токсикологічного паспорту)	Не визначено	Не надано	Надано частковий комплект ТУ У 22529511.003-97
2	Гуматовий реагент (водний розчин 25-30%)	Природні складові (п.8.1 ТУ У 20.5-43384697-001:2020)	Чинні до 17.09.2025р.	Висновок № 12.2-18- 2/21610 від 21.09.2020р.	Надано ТУ та зміни №2 до ТУ У 20.5-43384697-001:2020
3	Soil Loc Freko Crust S (співвідношення «Freko Crust S/вода» – 1:12,33)	Стірол, 1,3-бутадієн (п.3 Паспорту). Є застереження щодо впливу на оточуюче середовище (п.6.2, 6.3)	Не зазначено	Не надано	Надано «Паспорт безпеки» виробника без погоджень та затверджень
4	Soil Loc (співвідношення «Soil Loc/вода» – 1:499)	Акрилова кислота та мінеральне мастило (п.3 Паспорту). Є застереження щодо впливу на оточуюче	Не зазначено	Не надано	Надано «Паспорт безпеки» виробника без погоджень та затверджень
5	Добрива рідкі органічні	Органічні сполуки за наявності фосфору, азоту калію (п.3.2.1 ТУ)	Чинний до 13.10.2019 р	Втратив чинність	ТУ У 20.1-00383295-007:2014 втратили чинність

Дані дослідів й досі тривають на території підприємства.

Технологія закріплення поверхні в'язкими речовинами включає: виготовлення водних розчинів закріплювача, вирівнювання та зволоження (від 5 л/м<sup>2</sup> до 6 л/м<sup>2</sup>) і ущільнення поверхні, розливання закріплювачів по поверхні (від 3 л/м<sup>2</sup> до 6 л/м<sup>2</sup>).

Для змочування поверхні потоками води можливо використовувати далекустуменеві дощувальні установки, радіус дії

яких складає від 35 м до 75 м. Дані дощувальні установки монтують на розподільному водогоні на стояках, які розподілені рівномірно по периметру накопичувача або його секції. Дощування здійснюється обертанням ствола з далекоструменевим апаратом по колу чи у заданому секторі, витрата води апаратом становить від 11 л/с до 55 л/с в залежності від його марки.

При недостатній кількості води на пляжах також застосовують метод локального змочування окремих ділянок (пляжів) за допомогою розподільного водогону через випуски, які розташовуються з боків, діаметром 20 – 40 мм, обладнані насадкою з розпилювачем, які встановлено з кроком від 25 м до 35 м. Одночасно працюють 4-5 бокових випусків. Витрата води становить від 0,1 л/с до 10 л/с в залежності від довжини пляжу.

При використанні методу змочування потоком води необхідно дотримуватись наступних аспектів:

- створення умов відключення далекоструменевого апарату і бокового випуску;
- забезпечення можливості спорожнення розподільного водогону;
- визначення режиму роботи дощувальних установок і установок з боковим випуском води. Визначити періодичність та тривалість їх роботи;
- перенесення дощувальних установок і установок з боковим випуском води на наступний ярус під час нарощення огорожувальної дамби хвостосховища.

### 3.3 Підтримка рівня води на проєктній відмітці

Картовий намив дозволяє тримати під водою більшу частину площі хвостосховища. Частина карт намиву, в яких виконується намивання хвостів, зволожується за рахунок пульпи, яка подається в карту. Кількість випусків на розподільних пульпопроводах, розміри випусків та відстань між ними слід визначати відповідно до схем намивання, які виключають можливість утворення застійних зон на пляжі намиву. Намив хвостів проводиться рівномірно по всьому периметру з таким розрахунком, щоб забезпечити змочування хвостів у всіх картах намиву для попередження утворення сухих пляжів, здатних виділяти пил. На інших картах в процесі експлуатації проводять заходи щодо запобігання їх пиління, зокрема за рахунок передбачення висіву рослин.

### 3.4 Кріплення дамб, ділянок технологічних доріг, укосів дамб скельними породами

Для закріплення дамб, ділянок технологічних доріг, укосів дамб використовують скельні породи, котрі знімаються при роботі в кар'єрі зі фракцією менше 60 мм. Це не є фінансово витратним заходом і подібні пусті породи є доступним матеріалом на виробництві. Метою проведення таких робіт є зниження пиління та укріплення стійкості дамби і приведення цих ділянок до проєктного положення робочої документації. Після підсипання доріг обов'язково використовують автодорожній грейдер для розрівнювання і утворення ділянок доріг, з

відповідним боковим насипом не менше 0,5 м для безпечного пересування транспорту по хвостосховищу.

Для зниження пиління поверхонь експлуатаційних та службових доріг під час будівництва та експлуатації здійснюють полив доріг автотранспортом з використанням технічної води із системи оборотного водопостачання. Автотранспорт використовує обладнання типу струменевого гідранту. Під напором струменя пил відривається від поверхні авто полотна і осідає вже у вигляді краплинок води. Також використовують пасивний спосіб боротьби, який полягає у створенні водяної завіси, або розпилення води із стаціонарних установок, які мають постійну або короткочасну дію. Автодороги хвостосховища за своєю конструктивною особливістю потребують постійного зволоження. При необробленій дорозі у суху погоду при вітрі більше 3 м/с, інтенсивність перенесення пилу сягає 10 000-11 000 мг/с. Полив доріг зазвичай виконують за допомогою цистерни, яку розташовують на вантажних автомобілях (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Машина поливальна на базі автомобіля МАЗ

Для розрахунку необхідної кількості води, слід враховувати температуру і вологість повітря. Зазвичай витрата води для поливу коливається від 0,5 до 3 л/м<sup>2</sup>. За такої умови ефективність пилоподавлення становить 86-94%, а періодичність поливу складе 3 –

4 години, але в посушливу погоду у час найбільшого випаровування з земної поверхні періодичність становитиме від 15 до 45 хвилин [15].

Характеристики автомобіля МАЗ:

- ємність цистерни – 10 м<sup>3</sup>;
- максимальна ширина поливу – 20 м;
- робочий тиск води – 1,0 МПа;
- виробнича потужність насосу – 60 м<sup>3</sup>;
- максимальна подача – 125 м;
- швидкість руху робоча – 20 км/год.

Розрахунок витрати води визначається за формулами (3.1) і (3.2):

- якщо зрошування безперервне [15]:

$$V_B = q_y \cdot B \cdot L, \quad (3.1)$$

- зрошення періодичне:

$$V = q_y \cdot B \cdot L \cdot (t_{\text{ц}} + t_{\text{м}}) / t, \quad (3.2)$$

де  $q_y$  – питома витрата води на зрошення, м<sup>2</sup>/година 180;

$L$  – довжина зрошуваної ділянки дороги, 28400 м;

$B$  – ширина полотна дороги, 20 м;

$t_{\text{ц}}$  – тривалість одного циклу зрошення, 3,5 година;

$t_{\text{м}}$  – час між циклами зрошення, 2 години.

Середня витрати води приймається розміром 2 л/м<sup>2</sup>

$$V_B = 180 \text{ м}^2/\text{год} \cdot 20 \text{ м} \cdot 28400 \text{ м} = 102,2 \text{ м}^3$$

$$V = 180 \text{ м}^2/\text{год} \cdot 20 \text{ м} \cdot 28400 \text{ м} \cdot (3,5+2) / 12 = 46,9 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Недоліки поливу автодоріг наступні:

1) при постійному і рясному поливу доріг, відбувається виніс пилоподібних частин з полотна дороги, що порушує зв'язок між зернами щебенів, призводить до утворення тріщин, вибоїн та гребені на дорогах;

2) в зимовий час вода швидко замерзає при мінусовій температурі. Для покращення даної ситуації до води додають легкорозчинні смоли і натрію або хлористого калію чи магнію в різному співвідношенні в залежності від концентрації речовин. При використанні цих речовин необхідно обов'язково додавати інгібітори корозії. Також використовують матеріал солончакового ґрунту із хлоридною засоленістю. Попередньо необхідно полити дорогу водою ( $0,5 \text{ л/м}^2$ ), а потім нанести шар порошкоподібного ґрунту з витратою  $4\text{-}5 \text{ кг/м}^2$ , що забезпечить зменшення пиління протягом 50 діб. Найпоширеніший і дешевий спосіб нанесення кристалічних солей хлоридів калію й кальцію. Після цього необхідно просипану дорогу змочують водою, яка дозволяє суміші просочитися у ґрунт та утворити кірку. Якщо не буде опадів, то розчин триматиметься протягом 4 – 5 місяці, що і є недоліком в зимовий період, коли змінюється температура повітря та йдуть дощі. Тоді утворюється суміш (каша), яка лише порушує в'язкість між колесами автомобілів і дорогою. За таких умов необхідно прибирати розчин і знову наносити [15].

### 3.5 Закріплення поверхні дамб хвостосховища

Кріплення дамби розглянемо на прикладі правобережної дамби хвостосховища.

Дамба до відмітки 145,0 м виконана відсипкою гірської маси з влаштуванням суглинистого ядра, шириною по гребеню 3,0 м, по основі – до 23,0 м, із зубом глибиною до 3,0 м. З низового боку ядра, на контакті суглинистого ядра з кварцитами, виконаний 2-х шаровий дренаж зі щебеню (1-й шар щебінь класу 3 мм, другий – 20÷40 мм), що сполучається з трубчастим горизонтальним дренажем низової частини дамби. Відведення дренажних вод здійснюється в насосні станції дренажних вод №4 та 5 (ДНС-4,5) (дод. Б, рис. Б.5) [31].

### 3.6 Підготовка хвостів для подальшої висадки зелених насаджень

До спеціальних заходів зниження пилоутворення відносяться: обробці поверхні берми, ділянок вздовж технологічних доріг, відкосів дамб покривними і в'язучими матеріалами, котрі значно знижують процес пилоутворення. В останні роки в склад цього комплексу приєдналися роботи по озелененню дамб і карт хвостосховищ.

Застосування «зелених» технологій є дієвим та сучасним напрямком розвитку на підприємствах. Основними чинниками, які необхідно враховувати при підборі рослин для висаджуванні на хвостосховищі, є: технічні і фізичні параметри складу субстрату хвостосховища, а саме гранулометричний склад, щільність та структурність, вміст основних мікроелементів.

Розглянемо детальніше склад хвостів ПРАТ «ПІВДГЗК».

Гранулометричний склад хвостів рудозбагачувальної фабрики (РОФ) №1 наведений в табл. 3.4 [29].

субстрату хвостосховища, звужується асортимент рослин, які можуть проростати на хвостосховищі та не загинуть.

Слід відзначити, що закріплення поверхні хвостосховища бітумною емульсією використовують перед подальшим застосуванням «зелених» технологій. Після обприскування території хвостосховища емульсією, при випаровуванні частинки бітума затримуються на субтракті хвостосховища і зв'язують їх між собою.

Бітумні емульсії – це дисперсні системи, що містять дрібні бітумні частинки діаметром до 10 мікрон. Завдяки тому, що до складу суміші входять емульгатори, частинки не прилипають одна до одної і залишаються в емульсії.

Емульгатори для бітумних емульсій можуть бути молекулярні, колоїдні і грубо дисперсні системи.

Механізм утворення стійких емульсій полягає в утворенні покриття з молекул емульгатора навколо частинок бітуму. Основним фактором, що протидіє агломерації частинок, є не самі частинки емульгатора, а гідратна оболонка, яка утворюється навколо нього молекул частинок води, діє як протиотрута від злипання частинок асфальту. Для отримання стійкої емульсії бітум перед використанням нагрівають до 140°C. При цій температурі бітум не змінює своїх властивостей, маючи необхідну в'язкість. В результаті утворюється клейовий шар, який захищає його від здування. Цей захід прив'язує частинки пилу до верхнього шару та протидіє руйнівній дії вітру. Важливо відзначити, що цей спосіб призначений для тимчасового захисту рослини від вітру, з розрахунком на те, що сама рослинність буде стійка до шкідливого впливу вітру в майбутньому.

Розрахунок нанесення 100-150 г/м<sup>2</sup> бітуму. Бітум не має негативного впливу для рослин і не перешкоджає їм проростати через

свою плівку. За рахунок покриття на глибині 5 см температура знизиться на 6-7°C порівняно з відкритою поверхнею, особливо в спекотні літні місяці. Крім того, під бітумною плівкою збільшується вміст продуктивної вологи порівняно з відкритою поверхнею. Насіння легко проростає, добре розвивається.

Тому краще застосовувати саме на хвостосховищах емульсію бітуму.

Також перед виконанням посадки рослин необхідно виконати польові роботи та перед посівний обробіток землі. Для розпушення верхнього шару землі, вирівнюється поверхня карти і таким чином створюються сприятливі умови для посівної компанії, для сходження посівів. Проведено рихлення поверхні пляжу дисковою бороною за допомогою міні-трактора на глибину 8 – 10 см (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Рихлення хвостосховища перед посадкою рослин

Виконання оранки чи суцільної культивації на хвостосховищі не має змоги. Дисковим знаряддям проводиться рихлення, з метою розпушування верхнього шару, що дозволить зберегти вологу і створити умови для накопичення її у землі на певний проміжок часу. Це також сприяє легшому проростанню насіння.

Якість розпушування ґрунту вважається задовільною, якщо кількість грудок діаметром до 50 мм становить не менше ніж 75% усіх фракцій. Гребенистість поверхні не повинна перевищувати 5 см, висота гребенів на дні борозни після одного проходу дискової борони – 6 см.

Дискові знаряддя також досить часто застосовують для загортання у ґрунт мінеральних або органічних добрив.

### 3.7 Посів культур на карті

У 2020 році на ПРАТ «ПІВНГЗК» було висіяно 500 кг насіння кураю іберійського. Це бур'яниста рослин з роду Солянка, що відносяться до перекотиполе. Відома також під назвами *Salsola kali* та *Salsola iberica*.

Курай іберійський утворює однорічний, сильно розгалужений, колючий, кулястий кущ, який восени відривається від землі і котиться з вітром. Зрілі стебла рослини 15-90 см заввишки, тверді, дерев'янисті, з червоними або фіолетовими смугами. Перші листки довгі і м'які, а пізніші — не більше 2,5 см завдовжки, жорсткі і загострені. Квітки дрібні, сидячі, пазушні. Кожна рослина утворює від 20 до 30 тисяч насіння, котрі самонасіваються і таким чином розмножують.

Посів був виконаний разом із використанням добрив сульфат амонію, карбамід і нітроамінофоска, норма складала в середньому 12 г/м<sup>3</sup> комбіновано, тобто насіння кураю разом з добривом. За допомогою міні-трактора отримана суміш висівалася у борозни на глибину 5-6 см, а засипання суміші відбувалося валками і боронами (рис. 3.5) [32]. Нажаль сходження рослин склало не більше 5% (рис.

3.6) [29]. Причиною могло стати не правильний вибір різновиду з існуючих понад 100 видів кураю іберійського, а також погодні умови період усього росту рослин.



Рисунок 3.5 – Посів кураю іберійського на хвостосховищі ПРАТ «ПІВНГЗК» [29]



а



б

Рисунок 3.6 – Озеленена ділянка карти хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК»: а – станом на 29.07.2020 р.; б – станом на 31.07.2020 р. [29]

У 2021 році на картах хвостосховища було ви сіяно суміші злакових і трав костриці, вівсяниці та райрасу.

Вівсяниця або костриця лучна – це багаторічний злак, який формується як нещільно кущова трава, висотою 90 – 120 см (рис. 3.7).

Має мичкувату кореневу систему, але інколи коріння можуть заглиблюватися в ґрунт на глибину 1,5 м. Рослина висаджується на весні або восени, чудово переносить морози. Перші сходження після осіннього посіву з'являться під час відлиги, тому вважається кращим часом для посіву осінь. Глибина посіву складає 2 – 3 см, в середньому 20 – 25 кг/га. Якщо добре підгодовувати рослину добривами, то рослина може розвиватися і рости на одному місці до 15 років.



Рисунок 3.7 – Вівсяниця – костриця лучна

Райграс однорічний – однорічна злакова трава (рис. 3.8). Має розвинену мочкувату систему, проникність у ґрунт до 95 см. Має прямо-стояче тонке стебло висотою 60-100 см та створює навколо себе куц з пасинків. Якщо посів відбувся густо, то куц складе 8-10 шт., при рідкому посіві 30-40 шт., які в свою чергу дадуть велику кількість насіння.



Рисунок 3.8. – Райграс однорічний

Для того щоб насіння проросло необхідна температура 2-4 °С. Також сходження можуть витримати заморозки до -4 (-5) °С. Глибина посіву 2-3 см. Норми висіву насіння коливаються від – 7,5-8 млн./штук на 1 га, допускається мінімальна кількість – до 6 млн./шт. насіння на 1 га. Культура добре росте на суглинних ґрунтах, малочутлива до кислих ґрунтів. Не вибаглива до тепла. Але боїться сильних морозів, тому взимку вимерзає

Нажаль за затяжної весни було сходження рослин 54% та спекотного літа рослини загинули не утворивши зеленого покриву.

У 2022 році засіяно злаковими культурами житом 5 га, 800 кг для утворення стійкого рослинного покриву на карті хвостосховища ПРАТ «ПІВНГЗК» [32]. Жито посівне характеризується добре розвиненою кореневою системою, яка може проникати в ґрунт на 1,5-2 м. Інтенсивність кущення жита досить висока — на одній рослині утворюється 4-8 бруньок, а за сприятливих умов — до 50-90. Ніжка порожниста, соломино подібна, пружна, покрита восковим шаром, утворює 5-7 міжвузлів. Верхівка останнього міжвузля опушена. Висота стебел варіюється від 70 до 180-200 см (в середньому 80-100 см) залежно від умов вирощування та сорту. Листя шорсткі, вкриті шаром воску. Довжина листової пластини 15-30 см, ширина 1,5-2,5 см. Біля основи пластини короткий язичок, вуха короткі, голі або слабо опушені.

Для кращого сходження у бідних на органічні речовини суглинках, було внесене добриво нітроамофоска N60P60K60, з розрахунком 20 мл/м<sup>3</sup>. Нітроамофоска – це комплексне добриво, яке забезпечує рослину необхідними мінералами, тому може застосовуватися на будь-якому етапі розвитку рослин. Нітроамофоска складається з трьох основних компонентів: азоту, калію і фосфору. Саме на ці речовини бідні суглинки хвостосховища. Потім відбувся посів насіння жита класу «Еліта» разом з добривами, використовуючи для цього малохідний трактор Jinma 401 (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Посів жита на хвостосховищі

Сходження культур склало 74%. що добре видно на (рис. 3.10). У весняний період рослини продовжили розвиватися утворюючи зелений покрив, що сприяло запобіганню пиління карт хвостосховища.



Рисунок 3.10 – Проростання насіння жита

Куці проростків було видно через 20-25 днів, надалі жито добре проростало також. Кінцевим результатом пророщення жита на карті стало утворення колосків (рис. 3.12). Усереднена висота рослин склала 10 см. Добре розвинулося листочки в кількості 3 – 5. Середня

глибина проникнення коріння у субстраті склала 10 – 15 см. В третій декаді вересня була виконана підкормка сходів насіння мінеральними добривами аміачною селітрою. Причиною додаткового внесення добрив стало багато опадів у осінній період, що могло спричинити вимивання NPK та споживання рослинами мікроелементів більш інтенсивно, аніж було заплановано. При проведенні моніторингу на хвостосховищі на картах, де було проведено закріплення житом, показник пиління зменшення на 85 – 90%.



Рисунок 3.12 – Кінцевий стан посівів жита на карті хвостосховища

У 2023 році навесні озеленили житом 12 га сухих поверхонь, ще 25 га засіяли в середині вересня. Паростки жита до кінця листопада проросли до 10 сантиметрів (рис. 3.12) по чотири-п'ять стебел на одну рослину і будуть надійно утримувати пил на залізистих пісках в осінньо-зимовий період.



Рисунок 3.12 – Сходження жита 30.11.2023р.

Озиме жито непримхлива до ґрунту і погодних умов. Посіяні зерна починають проростати при температурі 1-2°C, а сходи з'являються на поверхні ґрунту при температурі 4-5°C. Для розвитку рослин загальна ефективна температура від проростання до припинення осінньої вегетації повинна становити 400-500°. Для всього циклу розвитку ранньостиглих сортів потрібно 1000-1700°, середньостиглих – 1200-1800°, пізньостиглих – 1300-1900°. Жито-найбільш морозостійка культура з озимих культур. Добре розвинені рослини здатні витримувати зниження температури від -20 до -25°C. Взимку без снігу вона легко переносить морози до -25°C, а при гарному загартуванні їй не шкодить зниження температури повітря до -35°C. Озиме жито починає найшвидше весняне відростання серед зернових культур, вже при температурі +2-3°C. В середньому ці культури споживають 6-8 мм вологості ґрунту і 1кг зерна рослини цих культур володіють високою холодостійкістю, посухостійкістю і здатністю поглинати фосфору важкодоступних формах з ґрунту.

Активне зростання рослин восени відбувається до настання стійкого похолодання з середньою температурою протягом 1 дня на рівні 4-5°C. Навесні жито проростає не раніше пшениці. Жито вимагає не більше вологи, ніж озима пшениця. Воно дуже ефективно

використовує осінні і зимові опади і добре переносить весняну посуху завдяки добре розвиненій кореневій системі.

### 3.8 Рекомендації що до підбору виду рослин для озеленення карти

Для рекомендації був обраний гібрид пшениці і жита так заний тритикал (Triticale) (рис. 3.13). Вони мають добре розвинену кореневу мичкувата, систему, яка глибоко проникає в шлам хвостосховища. Має стійкі до грибкових і вірусних захворювань. Відрізняється високою фізіологічною активністю, що сприяє гарному розвитку рослин на малородючих ґрунтах, в тому числі на шламах хвостосховищ. Зерна цієї культури більші, ніж у жита, і під час проростання вони можуть довше використовувати поживні речовини та восени утворюються більші рослини.



Рисунок 3.13 – Тритикал (Triticale)

Мінімальна температура проростання насіння становить 5°C, оптимальна температура -20°C, максимальна температура -35°C.

Стійка до несприятливих факторів вегетації рослин взимку і навесні, ніж пшениця.

Ранньою осінню та весною цим культурам вдається розпуститися, і сформована коренева система та стебла продовжують рости до стадії виходу з труби. Після цієї стадії розвитку культура гине через великий дефіцит вологи. На цій стадії розвитку вони здатні формувати відносно велику вегетативну масу і добре розвинену кореневу систему. Завдяки кореневій системі і утворилася живильні й маса і швидкість вітру сповільнюється, таким чином частинки шламу хвостосховищ утримуються від розпилювання. Завдяки такому методу поліпшуються умови навколишнього середовища в районі хвостосховища за рахунок зниження рівня забруднення атмосферного повітря. Це довготривалий та ефективний спосіб для створення рослинного бар'єра. Зелені технології дозволять надійно закріпити сухі поверхні, знижуючи пиління до 90%.

### 3.9 Технологія нанесення в'язучих речовин на карту

Нанесення в'язучих речовин на карті хвостосховища відбувається за допомогою розпилення через обприскувач. Оскільки важка техніка в сухій суміші пульпи грузне і не може рухатися. Обприскувачі — бувають великими, дрібними та середніми. Найкращий акумуляторний обприскувач. Розпилювач невеликий, важить лише 6,8 кг, а широкі та м'які ремені дозволяють носити пристрій за спиною тривалий час, не відчуваючи втоми. Руки звільнені для того, щоб спрямовувати трубу розпилювання в потрібне місце. Розпилення рідин йде на 2,5 ми в радіусі, чому сприяє вбудований насос, що дає тиск до 0,4 мПа. Також необхідно нехтувати правилами

безпеки обов'язково користуватися респіраторами, хімічними костюмом та рукавичками (рис. 3.14).



Рисунок 3.14 – Розпилення хімічного реагенту на хвостосховищі

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Загальні вимоги охорони праці на хвостосховищі

Для забезпечення безпеки на хвостосховищі підприємство має дотримуватися правил наміву, укладання хвостів, випуску пульпи, які затверджуються проєктною документацією.

Обов'язково слід підтримувати рівень води хвостосховища на проєктній відмітці об'єму води. Щозмінно необхідно проводити контроль за станом споруд, обладнання і контрольно-вимірювальних пристроїв, для запобігання виникнення аварійних ситуацій. Своєчасно виконувати ремонтні роботи та профілактичні заходи.

Забороняється:

- відвідування хвостосховища сторонніми особами, купатися, ловити рибу чи відпочивати;
- використовувати воду для господарсько-питних цілей, напувати водою тварин.

З цією метою по периметру дамби встановлюються пости охорони та відповідні попереджувальні знаки згідно вимог «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників», затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 року № 1262.

Під час експлуатації хвостосховища забороняється під час нарощування дамби зрізання ґрунту, облаштування кар'єрів чи котлованів у нижньому б'єфі, низовому укосі дамби та за межами карт намівання хвостосховищ.

Перевищення гребня дамби ставу відстійника чи намівної дамби має прийматися згідно проєкту, але має бути не менше 1,5 м.

Під час випуску пульпи, дамба обвалування біля пляжів не

повинна бути не менше 1 м.

Утримання греблі хвостосховища та додаткових споруд у належному стані здійснюється регулярними візуальними спостереженнями, геодезичними методами контролю тіла греблі, фільтраційними спостереженнями та проведенням за їх результатами необхідних ремонтних чи відновлювальних робіт.

Для контролю за заповненням ємності не менше одного разу на рік необхідно проводити геодезичну зйомку надводних та підводних відкладень хвостів для визначення обсягів хвостів та води у хвостосховищах.

#### 4.2 Охорона праці для робітників хвостосховища

До працівників, які задіяні у різних сферах роботи на гірничих підприємств, законодавством встановлені спеціальні вимоги щодо професійної підготовки, кваліфікації, стану їхнього здоров'я та дисципліни при виконанні робіт у небезпечних умовах.

Відповідно до Переліку робіт з підвищеною небезпекою, затвердженим наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 №15 з урахуванням специфіки виробництва, затверджено перелік робіт підвищеної небезпеки. Для їх виконання працівники проходять спеціальне навчання і перевірку знань з охорони праці, відповідно до наказу Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 №15.

Працівники повинні проходити щорічний медичний огляд згідно наказу Міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007 року № 246.

Працівники також проходять щозмінний медичний огляд згідно затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України, Міністерством внутрішніх справ України від 31 січня 2013 року № 65/80.

Всі працівники своєчасно мають отримувати спец одяг відповідно норм, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 21 серпня 2008 року № 184 (НПАОП 0.00-3.10-08), а також отримують засоби індивідуального захисту. Одяг має відповідати розмірам працівника, з метою унеможливлення висячих рукавів, що може призвести до травмування при роботі з різними агрегатами. Одяг не має бути малим, щоб запобігти створенню не зручності та не обмежувати рух працівника. При виходу з ладу спец одягу чи засобів індивідуального захисту працівник після складання акту, отримує новий комплект.

Забороняється пересувати по льодовому покриттю працівника хвостосховища. Виконання таких робіт необхідно виконувати по наряд – допуску, присутнім повинен бути працівник відповідальний за охорону праці і вище посадові керівники. Також в цей час поряд знаходиться аварійно – рятувальна служба.

Працівники гірничих підприємств мають такі обов'язки:

1. Знати і виконувати вимоги Гірничого закону України, технічної документації, планів ліквідації аварій у межах обсягу робіт, правил поведінки в небезпечних ситуаціях і правил експлуатації машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва;

2. Виконувати зобов'язання з охорони праці, передбачені колективними договорами (трудовими договорами та угодами), правилами внутрішнього трудового розпорядку.

3. негайно повідомляти керівника або чергового диспетчера про будь-які ознаки аварії або нещасного випадку, видавати попередження

і виводити працівників з небезпечної зони, якщо виникає загроза життю або здоров'ю людини;

4. Дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих під час роботи на території підприємства;

5. Використовувати засоби індивідуального захисту під час роботи;

6. Не створювати своїми діями або бездіяльністю загрозу життю або здоров'ю людей;

7. Проходити попередні та періодичні медичні огляди в порядку, передбаченому законодавством;

8. Надавати першу медичну допомогу потерпілим від нещасних випадків та раптових захворювань;

9. Постійно стежити за станом атмосферного повітря за допомогою контрольно – вимірвальних автоматизованих систем;

10. У разі виникнення аварії діяти відповідно до плану ліквідації аварій, розробленого підприємством.

#### 4.3 Охорона праці при обслуговуванні машин і механізмів

Транспорт та будівельно-дорожні машини, діючи на хвостосховищі, а також механізми та обладнання повинні відповідати основним вимогам Технічного регламенту безпеки машин, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30 січня 2013 року № 62.

Машини і механізми повинні утримуватися в справному робочому стані, мати справні сигнальні пристрої, гальма, огороженні для доступні рухомих частин (муфти, шківи), мати засоби протипожежного захисту (вогнегасник). Машини повинні бути обладнані освітленням,

необхідним ремонтним інструментом, вимірювальними приладами, захистом від ураження електричним струмом та справним захистом від перевантажень.

Справність машин повинна перевірятися щозмінно водієм, щотижня – механіком та енергетиком дільниці, щомісяця – персоналом, на який покладено ці обов'язки.

Вимоги безпеки при технічному обслуговуванні та ремонті обладнання та механізмів:

1. Ремонт транспортних машин та обладнання повинен проводитися відповідно до графіків планово-попереджувальних ремонтів.

2. Забороняється за відсутності огороження проводити ремонтні або монтажні роботи безпосередньо на стелажах, на відкритих майданчиках рухомих машин і устаткування, а також поблизу ліній електропередач або обладнання, що перебуває під напругою.

3. Ремонт і перевірку електрообладнання можуть виконувати тільки працівники з відповідною групою з електробезпеки згідно з Правилами безпечної експлуатації електроустановок споживачів, затвердженими наказом Держнагляду охорони праці від 9 січня 1998 року №4 (НПАОП 40.1-1.21-98).

4. Ремонт і заміну деталей машини дозволяється проводити тільки після повної зупинки машини і блокування пускового пристрою, що приводить в дію механізм, який виконує ремонтні роботи.

Для всіх видів ремонтів основного технологічного обладнання необхідно користуватися інструкції (технологічні карти, інструкції, проекти організації робіт), що визначають послідовність і порядок виконання робіт, а також необхідне обладнання та інструмент з урахуванням вимог інструкцій з експлуатації заводу-виробника і місцевих умов експлуатації, що забезпечують їх безпеку.

#### 4.4 Візуальні спостереження

Візуальний контроль полягає у проведенні зовнішнього огляду споруд хвостосховища з метою виявлення дефектів, виникнення яких не може бути передбачене заздалегідь. Для безпечної експлуатації хвостосховищ під час візуальних спостережень необхідно контролювати:

- відповідність проекту робіт з підготовки основи та чаші хвостосховища;

- стан укосів, берм та гребеня дамб (гребель) та їх берегових примикань: наявність негативних явищ (просідань, тріщини, переміщень, обвалів);

- стан дренажних споруд: наявність підпору, замулювання, просадок, провалів ґрунту та виходів води по трасі дренажу, заболочування, руйнування лотків та колодязів, промерзання дренажу або дренажних випусків;

- стан водоприймальних та водоскидних споруд: наявність тріщини та раковин у стінках споруд, течі у стиках стінок споруд, корозії металоконструкцій, готовність споруд до прийому паводкових вод;

- стан доступних для огляду частин контрольно-вимірювальної апаратури (КВА): наявність кришок, погнутості оголовків, нумерації;

- стан укосів, берм та облицювання каналів, наявність під ними промоїн, розкриття швів, заростання та замулювання.

#### 4.5 Перевірка роботи контрольно-вимірювальної апаратури

Контрольно-вимірювальна апаратура повинна бути у справному стані для постійного надання достовірних показників та можливості проведення своєчасних вимірів. Будь-яка несправність має бути негайно усунена.

Для п'єзометрів повинні бути забезпечені такі умови:

- вони повинні систематично перевірятися та очищатися;
- п'єзометричні труби не повинні мати по довжині кривизни, вм'ятин, внутрішніх обломів та інших дефектів, які можуть перешкодити проході в них вимірювальних пристроїв;
- для захисту від потрапляння сторонніх предметів п'єзометри повинні бути обладнані кришками, що замикаються.

Усі металеві частини п'єзометрів та марок, що знаходяться над поверхнею ґрунту, повинні щороку фарбуватися олійною фарбою. П'єзометри та марки повинні мати відповідні номери, написані фарбою на трубі та кришці

Нумерація повинна складатися з умовного позначення приладу, свердловини КВА і номера приладу в створі. Відмітки верху п'єзометричних труб перевіряються нівелюванням один раз на рік. Якщо необхідна повна заміна КВА новими реперами, марками та п'єзометрами, необхідно надавати номери КВА які вийшли з ладу з індексом «Н1» (нова), якщо треба зробити другу заміну «Н2» тощо, в журнал установки КВА вносяться відповідні записи про відомості та схеми їхнього розташування.

Щорічно, після весняної повені, повинні проводитися контрольні вимірювання глибини п'єзометрів. Для контролю технічного стану п'єзометрів один-два рази на рік треба робити виміри їхньої глибини та визначати ступінь засмічення фільтрової колони (водоприймач).

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

## 5.1 Розрахунок пилового навантаження з ділянок хвостосховища

Розраховуємо річний викид пилу, що здувається з поверхні пляжів хвостосховища, здійснено згідно [21]

$$M_o^c = 86,4 \cdot K_o \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot S_o \cdot (365 - T_c) \cdot (1 - n) \cdot 10^{-8}, \text{ т/рік} \quad (5.1)$$

де  $K_o$  – коефіцієнт, що враховує вологість матеріалу ( $k_o = 0,3$ );

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру ( при швидкості вітру від 2 до 5м/с –  $k_1 = 1,2$ );

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує ефективність здування твердих частинок –  $k_2 = 1$ );

$S_o$  – площа поверхні хвостосховища, що пилить (63,063 га = 630 630 м<sup>2</sup>);

$T_c$  – річна кількість днів снігового покриву [17] (станом на 2010 рік у м. Кривий Ріг) – 56 днів;

$n$  – ефективність засобів пилоподавлення.

Отже розраховуємо пиління для ділянок, на котрих не використовують хімічний реагент і зелені технології:

$$M_o^c = 86,4 \cdot 0,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 630630 \cdot (365 - 56) \cdot (1 - 0) \cdot 10^{-8} = 60,6 \text{ т/рік.}$$

Розрахунок пиління при використанні зелених технологій, якщо  $n = 90\% = 0,9$ :

$$M_o^c = 86,4 \cdot 0,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 630630 \cdot (365 - 56) \cdot (1 - 0,9) \cdot 10^{-8} = 6,6 \text{ т/рік.}$$

Розрахунок пиління при використанні хімічного реагенту, якщо  $n = 98\% = 0,98$ :

$$M_o^c = 86,4 \cdot 0,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 630630 \cdot (365 - 56) \cdot (1 - 0,98) \cdot 10^{-8} = 1,2 \text{ т/рік.}$$

Розрахунок пиління при використанні зелених технологій, якщо тривалість вегетаційного періоду у жита складає 260 діб і  $n = 90\% = 0,9$ , та при використанні хімічного реагенту, тривалість обробки карт 49 діб за умови відсутності насаджень і якщо  $n = 98\% = 0,98$ :

$$M_o^c = 86,4 \cdot 0,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 630630 \cdot [(365 - 56 - 49) \cdot (1 - 0,9) \cdot 10^{-8} + (365 - 56 - 260) \cdot (1 - 0,98) \cdot 10^{-8}] = 5,29 \text{ т/рік.}$$

При порівнянні двох методик з оцінки кількості забруднюючих речовин викиду від неорганізованих джерел забруднення атмосфери пилом, бачимо, що першу методику (див. п. 2.5) краще використовувати для швидких розрахунків, наприклад під час сильних поривів вітру ( $\geq 5$  м/с), а інша методика (див. п. 5.1) є більш ґрунтовною, враховує більшу кількість параметрів, які впливають на визначення величини пиловиділення, зокрема місцеві кліматичні умови.

## 5.2 Визначення екологічного податку за викиди твердих речовин

Оскільки курс розвитку України спрямований на Євроінтеграцію, то слід очікувати поступове зростання ставок оподаткування, можливість оподаткування викидів з нестаціонарних джерел та інше.

Тому виконаємо теоретичні умовні розрахунки екологічного податку за викиди в атмосферне повітря пилу від стаціонарного джерела забруднення – хвостосховища. Згідно екологічного податку Державної податкової служби розділ VII. ст.243.1 [13] тверді речовини за 1 тону складає 96.99 грн.

Розраховуємо розмір податку для ділянок, на котрих не використовують хімічний реагент і зелені технології для пилопригнічення:

$$60,6 \text{ т} \cdot 96,99 \text{ грн} = 5877,594 \text{ грн.}$$

Розраховуємо розмір податку для ділянок, на котрих використовують зелені технології:

$$6,6 \text{ т} \cdot 96,99 \text{ грн} = 640,134 \text{ грн.}$$

Розраховуємо розмір податку для ділянок, на котрих використовують хімічний реагент:

$$1,2 \text{ т} \cdot 96,99 \text{ грн} = 116,39 \text{ грн.}$$

Впровадження технологій з пилопригнічення на хвостосховищі призводить до поліпшення екологічної ситуації і, як наслідок, до зменшення розміру екологічного податку за викиди суспендованих

частинок у повітря, орієнтовно в 2-11 разів в залежності від застосованих технологій. Розрахунки є наближеними та виконані задля демонстрації ефективності впровадження природоохоронних технологій в грошовому виразі.

### 5.3 Економічне обґрунтування застосування реагентів та зелених насаджень для закріплення хвостів

Також проведена оцінка вартості хімічних матеріалів для розпилення на площі 1,7 га за даними на листопад 2023 року (табл. 5.1) [11].

Таблиця 5.1 – Вартість застосування реагентів для закріплення хвостів на хвостосховищі ПРАТ «ПІВНГЗК» [11]

№ п/п	Назва реагенту	Вартість покриття на 1м <sup>2</sup> , грн	Вартість реагенту за 1л/кг, грн.	Вартість робочого розчину для покриття поверхонь, що пилять, площею 1,75 га, грн.	Вартість води для приготування робочого розчину на 1 м <sup>2</sup> , грн. (за умови, що ціна 1 м <sup>3</sup> становить 25грн)
1	Бішофіт	3,68	1,84	64400	-
2	Гуматовий реагент (водний розчин 25-30%)	7,91	5,27	138425	-
3	Soil Loc (співвідношення «Soil Loc /вода» – 1:199)	10	2000	175437,5	0,025
4	Soil Loc (співвідношення «Soil Loc/вода» – 1:499)	10	2000	176085	0,062
5	Добрива рідкі органічні	12,5	2,5	218750	-

Згідно таблиці ми бачимо, що гуматовий реагент є дешевшим порівняно з іншими речовинами. Та має гарні в'язучі характеристики, які наведені вище. Рідкі добрива є екологічно чистим продуктом, але його ціна у 16 разів вища за гуматовий реагент.

Також одним з перспективних екологічних напрямків є зелені технології. Тому послідовно визначаємо вартість посіву *Triticale* на 1,75 га для подальшого порівняння з вартістю впровадження інших заходів з пиллопригнічення. Норма висіву насіння складає 170 – 200 кг/га, отже необхідна кількість насіння для посіву на площі 1,75 га складе

$$200 \cdot 1,75 = 350 \text{ кг} = 0,35 \text{ т.}$$

Згідно цін сайту Агроексперт Трейд [9] 1 тонна насіння *Triticale* коштує 13000,00 грн., тоді вартість 0,35 т насіння становитиме:

$$13000 \cdot 0,35 = 4550 \text{ грн.}$$

Також необхідно внести добрива для кращого сходження на хвостосховищі рослин. Для цього обираємо Нітроаммофоску, тобто мінеральне добриво NPK 16-16-16, нормою витрати 100-300 кг/га. Для розрахунку обирається середнє значення витрати добрива і визначаємо загальну кількість добрива, що слід внести на площу 1,75 га:

$$1,75 \cdot 200 = 350 \text{ кг.}$$

Згідно цін на сайті магазину Фермер центр [37] 50 кг добрива коштує 3350 грн., розраховуємо вартість загальної кількості добрив:

$$(350 : 50) \cdot 3350 = 23450 \text{ грн.}$$

На весні для покращення вегетаційного періоду необхідно внести добрива вапняково-аміачна селітра (ВАС, аміачна селітра кальцинована, кальцій аміачна селітра, КАН, CAN-27). З розрахунковою нормою внесення 50 – 150 кг/га, середнє значення – 100 кг/га. Визначаємо необхідну кількість добрива для внесення на 1,75 га:

$$100 \text{ кг} \cdot 1,75 \text{ га} = 175 \text{ кг.}$$

Ціна вапняково-аміачної селітри згідно цін Української агропромислової групи [36] 1 т коштує 17200 грн./т. Тоді загальна вартість добрив для 1,75 га складе:

$$17200 \text{ грн.} \cdot 0,175 = 3010 \text{ грн.}$$

Також необхідно врахувати доставку добрив і жита, вартість якої залежить від дальності розміщення замовлення до покупця згідно даних перевізника degruz [1] (рис. 5.1). Середня ціна склала 21,456 грн./км.

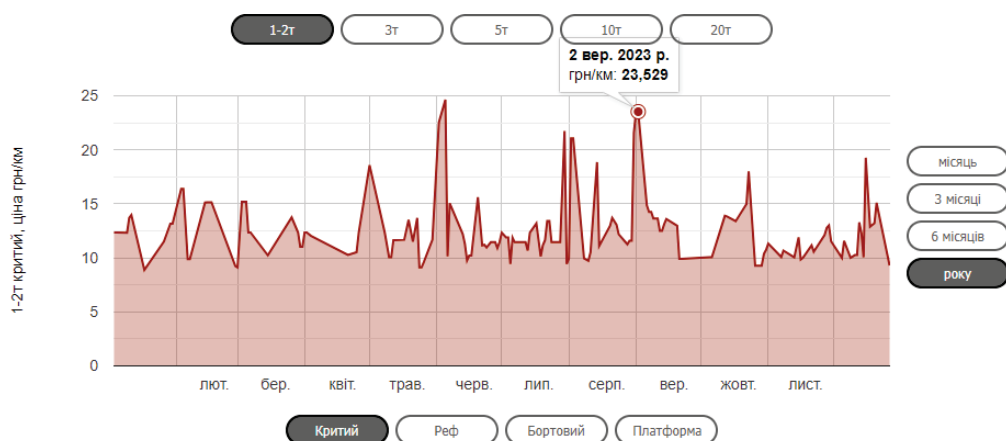


Рисунок 5.1 – Середній річний показник ціни перевезення за 2023 рік

Теоретично розраховуємо для 1 т на усереднену теоретичну відстань 500 км вартість доставки насіння і добрив:

$$21,456 \text{ грн.} \cdot 500 \text{ км} = 10728 \text{ грн.}$$

Оскільки добрива закуплені в різних місцях, як і зерно, тому буде доставлятися трьома автомобілями:

$$10728 \text{ грн.} \cdot 3 = 32184 \text{ грн.}$$

Приблизно подібну ціну матиме доставка реагенту, яка складе 10728 грн.

Для посіву необхідно розрахувати також ціну пального для посіву. Оскільки використовуємо міні-трактора марки Jinta 401 витрати палива 5 л на 100 км, то необхідна кількість палива становитиме:

$$1,75 \text{ га} = 0,0175 \text{ км}^2,$$

$$0,0175 \cdot 100 \cdot 5 = 8,75 \text{ л.}$$

Ціна дизельного палива на 30.12.2023 р. складає 51,34 грн., тоді розраховуємо загальну вартість необхідного палива:

$$8,75 \cdot 51,34 = 449,23 \text{ грн.}$$

Розраховуємо, що ціна на внесення добрив повесні складе таку саму суму. Також необхідно розрахувати амортизацію, яка складає 5% від ціни пального:

$$(449,23 \text{ грн.} \cdot 2) \cdot 5\% = 44,92 \text{ грн.}$$

Загальна сума витрат на використання міні-трактора марки Jintu-401 складе:

$$898,46 \text{ грн.} + 44,92 \text{ грн.} = 943,38 \text{ грн.}$$

Отже додаємо до всіх витрат 5% задля врахування здорожчень вартості посівного матеріалу чи інших матеріалів:

$$\begin{aligned} & (943,38 \text{ грн.} + 32184 \text{ грн.} + 3010 \text{ грн.} + 23450 \text{ грн.} + 4550 \text{ грн.}) \cdot 5\% = \\ & = 64137,38 \cdot 5\% = 3206,87 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Вся сума витрат для посіву 1,75 га складе:

$$\begin{aligned} & 943,38 \text{ грн.} + 32184 \text{ грн.} + 3010 \text{ грн.} + 23450 \text{ грн.} + 4550 \text{ грн.} + \\ & + 3206,87 \text{ грн.} = 67344,25 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Розраховуємо ціну гуматового реагенту разом з доставкою на 1,75 га:

$$10728 \text{ грн.} + 138425 \text{ грн.} = 149153 \text{ грн.}$$

Також вкладаємо 5 % як зміну цін на посівний матеріал чи інші здорожчання:

$$149153 \text{ грн.} \cdot 5\% = 7457,65 \text{ грн.}$$

Вся сума витрат для використання гуматового реагенту для 1,75 га складе:

$$149153 \text{ грн.} + 7457,65 \text{ грн.} = 156610,65 \text{ грн.}$$

Якщо порівняти в'яжучі речовини і зелені технології з урахуванням використання їх лише на 1,75 га то бачимо, що:

$$156610,65 \text{ грн.} > 67344,25 \text{ грн.}$$

Використання гуматового реагенту дорожче. Але для кращого пилопригнічення карт хвостосховища слід поєднати дві технології, які будуть використанні по черзі протягом року на 1,75 га карти. Вартість впровадження комбінації двох технологій складе:

$$67344,25 \text{ грн.} + 156610,65 \text{ грн.} = 223954,9 \text{ грн.}$$

Для порівняння цін розраховуємо комбінацію з іншим в'яжучим реагентом, наприклад Soil Loc (співвідношення «Soil Loc /вода» – 1:199). Його ціна складає 175437,5грн., а доставка за даними попередніх розрахунків складе 10728 грн. Для його приготування необхідна чиста вода з розрахунком 0,025 грн на м<sup>2</sup>. Тоді рахуємо необхідну кількість води для 1,75 га:

$$17500 \text{ м}^2 \cdot 0,025 \text{ грн.} = 437,5 \text{ грн.}$$

Також доставка води до хвостосховища складе приблизно 125 грн.

Розраховуємо загальну ціну з урахуванням амортизації 5%, яка враховує зміну ціни на посівний матеріал чи інші здорожчання:

$$(175437,5 \text{ грн.} + 10728 \text{ грн.} + 437,5 \text{ грн.} + 125 \text{ грн.}) \cdot 5\% = 9336,4 \text{ грн.}$$

Вся сума витрат для використання Soil Loc (співвідношення «Soil Loc /вода» – 1:199) реагенту для 1,75 га складе:

$$175437,5 \text{ грн.} + 10728 \text{ грн.} + 437,5 \text{ грн.} + 125 \text{ грн.} + 9336,4 \text{ грн.} =$$

$$= 196064,4 \text{ грн.}$$

Вартість поєднання нанесення реагенту Soil Loc з посівом жита протягом року, отримуємо загальну вартість:

$$196064,4 \text{ грн.} + 67344,25 \text{ грн.} = 263408,65 \text{ грн.}$$

Порівнюємо вартість використання зелених технологій у поєднанні з використанням різних в'яжучих речовин: комбінація зелених технологій з Soil Loc (співвідношення «Soil Loc /вода» – 1:199) – 263408,65 грн., комбінація зелених технологій з гуматовим реагентом – 223954,9 грн.

$$263408,65 \text{ грн.} > 223954,9 \text{ грн.}$$

Отже використання другої комбінації у 1,17 разів дешевше за першу, а тому доцільніше використання гуматового реагенту у поєднанні з висівом рослин на карті.

## ВИСНОВКИ

Основним джерелом викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря відносяться діючі хвостосховища, кар'єри та транспортну систему. Однією з забруднюючих речовин (маркерів) є пил, який виноситься з хвостосховища за умов не дотримання правил експлуатації діючих хвостосховищ. Таким чином в кваліфікаційній роботі представлені результати щодо удосконалення системи заходів з пилопригнічення поверхонь хвостосховища гірничозбагачувального комбінату на підставі аналізу існуючих та пошуку нових технологій, зокрема зелених.

Основні результати досліджень представлені нижче.

1. Аналіз науково технічної літератури показав, що у 2017 р. населення України (17 млн. осіб) зазнавало впливу запиленого повітря, що відобразилось на стані їх здоров'я. В місті Кривий Ріг за період 2015 – 2020 р. спостерігались періодичні перевищення гранично допустимих норм пилу, а інші показники знаходились в той час в межах норми. Аналогічна ситуація відзначається у світі, що знайшло відображення в підвищенні у 2021 р. рекомендацій ВООЗ щодо якості атмосферного повітря. У районах з розвиненою гірничо-металургійною промисловістю, одним із потужних стаціонарних неорганізованих джерел викидів пилу в атмосферне повітря є діючі хвостосховища підприємств.

2. На прикладі діючого хвостосховища розглянуто можливість його впливу на атмосферне повітря в штатному режимі експлуатації: винесення твердих часток з 63,063 га за рік може сягати 368,29 т. Проаналізовано гранулометричний склад хвостів, хімічний склад твердої фази пульпи, а також характеристики та експлуатація різних

елементів хвостового господарства, зокрема: дренажні і насосні станції, система водооборотного постачання тощо.

3. На підставі аналізу різних заходів для зниження пиління на хвостосховищі, а також технологій їх впровадження, запропонована комбінація зелених технологій (посів гібриду пшениці і жита Triticale) та гуматового реагенту, який умовно відноситься до органічно чистих продуктів за своїми фізико-хімічними властивостями.

4. Розглянуті заходи для безпечного виконання різних робіт в хвостовому господарстві.

5. Визначена річна кількість викиду забруднюючих речовин від стаціонарного неорганізованого джерела забруднення атмосферного повітря пилом: за умови відсутності заходів з пилопригнічення – 60,6 т/рік, при використанні зелених технологій – 6,6 т/рік, при використанні хімічного реагенту – 1,2 т/рік, при використанні комбінації зелених технологій та хімічного реагенту – 5,29 т/рік. З урахуванням розрахункових даних за методикою, яка зокрема враховує місцеві кліматичні умови, визначено розмір екологічного податку.

6. Впровадження технологій з пилопригнічення на хвостосховищі призводить до поліпшення екологічної ситуації і, як наслідок, до зменшення розміру екологічного податку за викиди суспендованих частинок у повітря, орієнтовно в 2-11 разів в залежності від технологій, що застосовуються.

7. Обґрунтовано економічна доцільність впровадження на хвостосховищі за для пилопригнічення комбінації зелених технологій з нанесенням гуматового реагенту у порівнянні з комбінацією зелених технологій та в'язучої речовини Soil Loc (співвідношення «Soil Loc /вода» – 1:199), а саме: 223954,9 грн. < 263408,65 грн.

## ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Degruz послуги перевезення в Україні. URL: <https://degruz.com/ceny-na-gruzoperevozki/12-1-9908-1> (дата звернення: 06.12.2024).
2. Global Industry Standard on Tailings Management. URL: <https://www.goldfields.com/gobal-industry-standard-on-tailings-management-gistm.php> (дата звернення: 29.11.2023).
3. Particulate Matter (PM) Pollution. EPA. United States Environmental Protection Agency. URL: <https://www.epa.gov/criteria-airpollutants> (дата звернення: 28.11.2023).
4. SRK Consulting – Tailings Storage Facilities. URL: [https://www.googleadservices.com/pagead/aclk?sa=L&ai=DChcSEwi72J316KSBaxU3QZEFHbILCxsYABABGgJscg&ase=2&gclid=Cj0KCQjwmlCoBhDxARIsAXkXIIfn6p1q3mR3nLjqgQApIh5m03F4xEZMNmST0CnAbTwdr4TjDAaAh8AEALw\\_wcB&ohost](https://www.googleadservices.com/pagead/aclk?sa=L&ai=DChcSEwi72J316KSBaxU3QZEFHbILCxsYABABGgJscg&ase=2&gclid=Cj0KCQjwmlCoBhDxARIsAXkXIIfn6p1q3mR3nLjqgQApIh5m03F4xEZMNmST0CnAbTwdr4TjDAaAh8AEALw_wcB&ohost) (дата звернення: 6.09.2023).
5. Tailings dust characterization and impacts on surface water chemistry at an abandoned Zn-Pb-Cu-Au-Ag deposit. URL: <https://www.sciencedirect> (дата звернення: 26.11.2023).
6. What are the WHO Air quality guidelines? Improving health by reducing air pollution. World Health Organization, WHO. 22 September 2021. URL: <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines> (дата звернення: 10.12.2023).
7. Авласьонк К.І., Максимова Н.М. Деякі питання управління об'єктами видалення відходів, які є стаціонарними неорганізованими джерелами викидів забруднюючих речовин. *Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології*: Нац. Форум, м. Івано – Франківськ, 21–23 листопада 2023 р. С. 287 – 289.

8. Авласьонк К.І., Максимова Н.М. Огляд заходів захисту атмосфери районів розвитку гірничодобувної промисловості. *MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education*: International scientific conference, Riga, the Republic of Latvia, 29–30 November 2023. Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 2. 171-174 pages. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-136>

9. Агроексперт Трейд професійний аграрний інтернет – гіпермаркет. [URL:https://agroexp.com.ua/semena-tritikale](https://agroexp.com.ua/semena-tritikale) (дата звернення: 02.01.2024).

10. Бондарчук О.М. Підвищення екологічної безпеки територій впливу залізородних гірничо-збагачувальних комбінатів на основі зменшення пиловиділення шламосховищ: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 21.06.01. Нац. гірничий ун-т. Дніпропетровськ, 2010. 120с.

11. Відновлення довкілля Дніпропетровській області. Розробки НДІБПГ та НДГРІ: технологія зменшення викидів забруднюючих речовин при масових вибухах; результати експериментів з пилозакріплення на хвостосховищах, відвалах та укосах. URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/11/cleanair.org.ua-261023-ndgri-.pdf> (дата звернення: 11.12.2023).

12. Глосарії термінів хімії атмосфери. Видання друге електронне. Укладачі Й. Опейда, О. Швак. Київ: Нац. Академія наук України, 2017. 738 с.

13. Державна податкова служба України Розділ VII Екологічний податок URL: <https://tax.gov.ua/nk/rozdil-viii--ekologichniy-poda/> (дата звернення: 04.01.2024).

14. Державна служба статистики України. Заклади охорони здоров'я та захворюваність населення України. Статистичні дані. URL:

[http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/publzdorov\\_u.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publzdorov_u.htm) (дата звернення: 24.12.2023).

15. Домнічев М.В. Розробка технології знепилювання хвостосховищ гірничозбагачувальних комбінатів Кривбасу: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Кривий Ріг: Криворізький технічний ун-т., 2010. 129 с.

16. Домнічев М.В., Нестеренко О.В., Близнюкова О.Ю. Обґрунтування використання розчину природного бішофіту для обробки пилячих поверхонь. Кривий Ріг: Криворізький технічний ун-т, 2010. 122 с.

17. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=26655](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=26655) (дата звернення: 29.12.2023).

18. Екологічний контроль атмосферного повітря: на прикладі Південної Кореї. *Офіс сталих рішень*. Стаття від 17.05.2023. URL: <https://ukraine-oss.com/en/articles/ekologichnyj-kontrol-atmosfernogo-povitrya-na-prykladi-pivdennoyi-koreyi/> (дата звернення: 10.11.2023).

19. Екологічний моніторинг довкілля. *ECOBUSINESS*. URL: <https://ecolog-ua.com/news/avtomatyzovanyy-post-ekologichnogo-monitoryngu-integrovano-v-yevropeysku-systemu-keys-prat> (дата звернення: 9.11.2023).

20. Екологічний моніторинг природного довкілля. *UA-SYSTEMS*. URL: <https://www.ua-systems.com.ua/ekologichnij-monitoring-dovkillya> (дата звернення: 19.11.2023).

21. Збірник методик розрахунку змісту забруднюючих речовин у викидах від неорганізованих джерел забруднення атмосфери. Донецьк: ВАТ «УКРНТЕК», 1994.

22. Інструкція з експлуатації хвостового господарства та оборотного водопостачання при відмітці нарощування 165 м. Кривий Ріг: ПРАТ «ПІВНГЗК», 2021. 158 с.

23. Козін Я.В., Гацький А.Г. Загальна характеристика стану довкілля в умовах Криворізьких хвостосховищ. URL: <https://kdpu.edu.ua/pryrodakryvorizhzhia/pryroda-ta-liudy/ekolohichna-storinka/3217-konstruktyvnoheohrafichni-osoblyvosti-polipshennya-suchasnoho-stanuhirnychopromyslovykh-landshaftiv.html> (дата звернення: 05.01.2024).

24. Комбінат сьогодні: за матеріалами. *Офіційний сайт МЕТІНВЕСТ*. URL: <https://ingok.metinvestholding.com/ua/about/common> (дата звернення: 19.11.2023).

25. Крамарьов С.М., Бандура Л.П., Гулін В.М. Закріплення поверхонь хвостосховищ для пилопригнічення техноземів, забруднених промисловими відходами, способом вирощування сільськогосподарських культур, стійких до повітряної та ґрунтової посухи в умовах гострого дефіциту рухомих форм поживних речовин: наук.-практ. посіб. Дніпро: ДДАЕУ, 2020. 57 с.

26. Метінвест. Північний збагачувальний комбінат. URL: <https://sevgok.metinvestholding.com/ua/about/common> (дата звернення: 29.11.2023).

27. Методика щодо закріплення поверхонь хвостосховищ, що пилять із застосуванням «зелених технологій». Кривий Ріг: ПРАТ «ПІВНГЗК», 2020. 45 с.

28. Моніторинг викидів 2020 рік. Північний гірничо – збагачувальний комбінат. URL: <https://sevgok.metinvestholding.com/ua/responsibility/safety/e-monitor> (дата звернення: 03.01.2024).

29. Озеленення пилових поверхонь хвостосховища в умовах ПРАТ «ПІВНГЗК»: Звіт з роботи. Кривий Ріг: ПРАТ «ПІВНГЗК», 2020. 45 с.

30. Оцінка впливу переносу часток хвостів з поверхні хвостосховищ в наслідок вітрової ерозії на забруднення ґрунтів прилеглих територій. Трахтенгерц Г.А., Станкевич В.В. Київ: Державна установа «Інститут гігієни та медичної екології імені О.М. Марзєєва АМН України», 2007. 407 с.

31. Паспорт споруд хвостового господарства та ооборотного водопостачання ПРАТ «ПІВНГЗК» при відмітці нарощування + 165,0 м. Кривий Ріг: ПРАТ «ПІВНГЗК», 2022. 68 с.

32. Північний ГЗК реалізує комплекс заходів для боротьби з пилом на хвостосховищі. URL: <https://metinvest.media/ua/page/sevgok-realizuet-kompleks-meropriyatiy-dlya-pylepodavleniya-nahvostohranilishche> (дата звернення: 26.12.2023).

33. Північно–збагачувальний комбінат. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki> (дата звернення: 16.12.2023).

34. Регіональна доповідь та Екологічний паспорт. Веб-сайт Дніпропетровської обласної державної адміністрації. URL: <https://adm.dp.gov.ua/pro-oblast/ekologiya-pro-oblast/ekologiya> (дата звернення: 26.12.2023).

35. Скорченко В.Ф., Лисий В.М. Існуючі заходи по знепиленню дорожніх покриттів та експлуатаційні характеристики знепилюючих композицій. *Автошляховик України*, Вип.№1. 1997. С. 41-43.

36. Українська агропромислова група. Інтернет магазин. URL: <https://uapg.ua/products/vapnyakovo-amiachna-selitra-vas-amiachna-selitra-kalcinovana-kalcij-amiachna-selitra-kan-can-27/> (дата звернення: 04.01.2024).

37. Фермер центр. Інтернет магазин URL: <https://fermercenter.com/ua/nitroammofoska-udobrenie> (дата звернення: 26.12.2023).

38. Хвостосховища і шламонакопичувачі. Національний стандарт України. ДБН В.2.4-5: 2012. Частина I. Планування. Частина II. Будівництво. 2012. К., 70 с.

39. Щомісячний бюлетень забруднення атмосферного повітря в м. Кривий Ріг за червень 2023 року. URL: [https://kr.gov.ua/ua/news/pg/80623116392799\\_n/](https://kr.gov.ua/ua/news/pg/80623116392799_n/) (дата звернення: 23.12.2023).

40. Яковенко Л.О., Засельський В.Й., Кормер М.В. Дослідження впливу гумінова них кислот на закріплення палючих поверхонь. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*, Вип. 5 (32), 2020. С. 189-192. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.5-32.28>

41. Якою має бути якість повітря в Україні, щоб забруднення не впливало негативно на довкілля. Новини від 05.09.2023. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: <https://mepr.gov.ua/yakoyu-maye-buty-yakist-povitrya-v-ukrayini-shhobzabrudnennya-ne-vplyvalo-negatyvno-na-dovkillya/> (дата звернення: 27.12.2023).

ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ



**НАЦІОНАЛЬНИЙ ФОРУМ  
«ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ  
В УКРАЇНІ: ЗАКОНОДАВСТВО,  
ЕКОНОМІКА, ТЕХНОЛОГІЇ»**

**«Перші практичні дії та проблемні питання реалізації Закону України «Про управління відходами»**

21–23 листопада 2023 року  
м. Івано-Франківськ



УДК 502:628

Перші практичні дії та проблемні питання реалізації Закону України «Про управління відходами»: збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології» (м. Івано-Франківськ, 21–23 листопада 2023 р.). – К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2023. – 305 с.

ISBN 978-617-7130-21-4

У збірці вміщені матеріали Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології». Ключова тема – Перші практичні дії та проблемні питання реалізації Закону України «Про управління відходами».

Організатор Форуму – Всеукраїнська екологічна ліга.

Форум проводиться за сприяння Комітету Верховної Ради України з питань екологічної політики та природокористування, Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України.

Партнери Форуму – Центр екологічної освіти та інформації, Швейцарсько-український проєкт «Згуртованість та регіональний розвиток», UCORD, благодійний фонд «Українська Єдність», ПрАТ «Київспецтранс», корпорація «SiGroupConsort. Ltd.», група компаній «CLEAR ENERGY».

Доповіді учасників стосуються визначення пріоритетних напрямів та інструментів реалізації Закону України «Про управління відходами», вирішення проблем перероблення та утилізації відходів війни без негативного впливу на довкілля, сприяння залученню інвестицій у створення екологічно дружньої галузі та інфраструктури перероблення відходів, впровадження природоохоронних ініціатив та проєктів, налагодження та зміцнення міжнародного співробітництва, впровадження засад збалансованого (сталого) розвитку в Україні, реалізації ресурсо- та енергоефективних технологій, співпраці органів державної влади, місцевого самоврядування, громадських організацій, науки, бізнесу.

Також в доповідях представлені матеріали щодо регіонального та місцевого стратегічного планування управління відходами для зеленого відновлення України, просторового аналізу розміщення відходів в Україні і логістичного забезпечення формування регіональної системи управління відходами (з урахуванням умов воєнного стану), пошуку оптимальних шляхів розв'язання проблем поводження з відходами в Україні, просвітницької, інформаційної та освітньо-виховної роботи щодо формування екологічно дружніх навичок поводження з відходами.

Особливо актуальними є доповіді, присвячені фіксації збитків для природних екосистем, природоохоронних територій та об'єктів ПЗФ внаслідок російської збройної агресії, впровадженню екологічно дружніх, ресурсо- та енергоефективних технологічних рішень для перероблення та повторного використання відходів, впровадженню екологічно безпечних енергетичних технологій перероблення відходів лісгосподарської галузі в Україні.

Матеріали збірки будуть корисними для представників органів державної влади та місцевого самоврядування, бізнесу, громадськості, науковців, фахівців-практиків з питань екологічної безпеки.

УДК 502:628

ISBN 978-617-7130-21-4

© Центр екологічної освіти та інформації, 2023

7. Максимович Я.С. Біобезпека під час біологічних досліджень // навчальний посібник / Максимович Я.С., Гергалова Г.Л., Комісаренко С.В. – К. Бихун В.Ю. : 2019. – 78 с.

### ДЕЯКІ ПИТАННЯ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ВИДАЛЕННЯ ВІДХОДІВ, ЯКІ Є СТАЦІОНАРНИМИ НЕОРГАНІЗОВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ВИКІДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН

Авласьонюк К. І., *здобувач вищої освіти групи 183-22-1м,*

Максимова Н. М., *кандидат технічних наук, доцент кафедри безпеки праці та охорони довкілля,*

*ТОВ «Технічний університет «МЕТІНВЕСТ Політехніка», м. Запоріжжя*

Наразі перед національною нормативно-правовою системою постає нагальна потреба в корегуванні стандартів у відповідності до Європейських вимог. Державна екологічна політика має за мету досягнути покращення екологічного стану довкілля за допомогою впровадження екосистемного підходу до різних напрямів соціально-економічного розвитку України.

Дотримання конституційного права громадянина України на чисте та безпечне довкілля можна лише шляхом впровадження збалансованого природокористування і збереження та відновлення природних екосистем, що, наприклад, знайшло відображення у Законі України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року».

Одним з аспектів раціонального природокористування є підготовка відходів до повторного використання, рециклінг та інші операції з їх відновлення. Слід відзначити, що частка накопичення відходів гірничо-металургійного комплексу є однією з найбільших складових від загальної чисельності складованих промислових відходів на території країни. Накопичення подібних промислових відходів призвело до утворення техногенних ландшафтів, які, наприклад, на Криворіжжі представлені, в першу чергу, супутніми для гірничодобувної промисловості об'єктами – хвостосховищами та відвалами гірських порід. Подібні об'єкти розглядаються в перспективі як техногенні родовища корисних копалин. Відповідно до ДБН В.2.4-5: 2012 [3] хвостосховище (шламонакопичувач) – це природна або штучно створена ємкість для складування хвостів (шламів), які переміщуються з місць їх утворення переважно гідравлічним способом, і для освітлення води. Одним із основних міжнародних документів відповідного спрямування є Глобальний галузевий стандарт управління хвостосховищами (GISTM) [4], основною метою якого є нульова шкода людині та навколишньому середовищу. Увага приділяється безпеці хвостосховищ протягом всього їх життєвого циклу – від проєктування, початку побудови, експлуатації, закриття та рекультиваци. Подібні техногенні об'єкти є стаціонарними неорганізованими джерелами викидів, розробка державної програми моніторингу яких наразі відноситься до актуальних питань.

У світі спостерігаються тенденції з посилення вимог щодо якості атмосферного повітря. У 2018 р. було прийнято Постанову про посилення інструкцій щодо якості повітря для дрібного пилу у Південній Кореї [1]. стандарти РМ 2,5 дрібного пилу переглянуто до середньодобового рівня 35 мкг/м<sup>3</sup> з поточних до цього моменту 50 мкг/м<sup>3</sup>, а середньорічне значення підвищено з 25 мкг/м<sup>3</sup> до 15 мкг/м<sup>3</sup> у відповідності на той час до вимог щодо якості атмосферного повітря в Японії та США.

Національний стандарт США щодо забезпечення якості повітря (National Ambient Air Quality Standards, NAAQS (40 CFR, частина 50)) [5] регламентує вміст забруднюючих речовин у повітрі, котрі несуть загрозу здоров'ю людині, зокрема обмеження встановлені для вмісту у повітрі оксиду вуглецю (CO), озону (O<sub>3</sub>), оксидів сірки (SO<sub>x</sub>), оксидів азоту (NO<sub>x</sub>), свинцю (Pb), пилу. Останній є забруднюючою речовиною-маркером промислових

викидів, в тому числі таких об'єктів гірничо-видобувної промисловості, як хвостосховища. Агентство з охорони навколишнього середовища США (United States Environmental Protection Agency, EPA) запропонувало 6 січня 2023 р. переглянути та актуалізувати вимоги щодо вмісту суспендованих твердих частинок у повітрі (PM): змінити стандарт PM 2,5 дрібного пилу з поточного середньорічного рівня 12,0 мкг/м<sup>3</sup> до діапазону від 9,0 до 10,0 мкг/м<sup>3</sup>.

Крім того, United States Environmental Protection Agency запропонувало внести зміни до інших ключових аспектів, пов'язаних з вмістом пилу у повітрі (PM NAAQS), включаючи зміни до індексу якості повітря (Air quality index, AQI) та вимог до моніторингу.

У 2021 р. відбулось оновлення рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) щодо якості повітря [6], зокрема підвищились вимоги щодо знеплення повітря. Рекомендовані рівні AQG 2021 року порівняно з інструкціями щодо якості повітря 2005 року за даними ВООЗ за вмістом суспендованих твердих частинок наступним чином: PM<sub>2.5</sub> – довготривала дія (середньорічний показник) – з 10 мкг/м<sup>3</sup> до 5 мкг/м<sup>3</sup>, короткочасна дія (8-годинний вплив) – з 25 мкг/м<sup>3</sup> до 15 мкг/м<sup>3</sup>; PM<sub>10</sub> – довготривала дія – з 20 мкг/м<sup>3</sup> до 15 мкг/м<sup>3</sup>, короткочасна дія – з 50 мкг/м<sup>3</sup> до 45 мкг/м<sup>3</sup>.

Огляд вище зазначених поступових підвищень вимог до якості атмосферного повітря свідчить про необхідність перегляду національної системи контролю за якістю атмосферного повітря. Станом на 2022 р. державна система моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря проводилась у 53 містах України та складалась з 162 стаціонарних станцій, 2 транскордонних і 2 маршрутних постів спостережень [2]. Наразі відбувається поступове її збільшення, але наразі вона не надає у повному обсязі актуальної інформації.

Одним з перших кроків для створення бази даних задля подальшої розробки рекомендацій щодо покращення екологічної ситуації техногенно навантажених районів є збільшення кількості встановлених сучасних станцій і постів автоматичного спостереження за рівнем забруднюючих речовин у атмосферному повітрі з газоаналізаторами високої точності та з можливістю постійного онлайн моніторингу, забезпеченням оперативного контролю, накопичення та збереження даних, можливістю перегляду даних у вільному доступі для громадян, що додатково підвищить їх екологічну свідомість і, як наслідок, рівень громадського контролю за екологічною ситуацією.

Таким чином, місця видалення відходів повинні бути організовані таким чином, щоб забезпечувати їх мінімальний вплив на довкілля. Всебічний контроль наразі за об'єктами видалення відходів, які являються стаціонарними неорганізованими джерелами викидів забруднюючих речовин, є неповноцінним і застарілим, потребує впровадження нових підходів і регламентуючих документів. Оновлення державного моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря сприятиме розробці рекомендацій щодо інвентаризації викидів з неорганізованих стаціонарних джерел. Останнє є одним з актуальних завдань державної екологічної політики на шляху впровадження кращих міжнародних практик і досвіду.

#### Література:

1. Екологічний контроль атмосферного повітря: на прикладі Південної Кореї. Офіс сталих рішень. Стаття від 17.05.2023. URL: <https://ukraine-oss.com/en/articles/ekologichnyi-kontrol-atmosfermogo-povitrya-na-prykladni-pivdennoi-koreyi/> (дата звернення: 10.11.2023р).
2. Екологічний моніторинг довкілля. ECOBUSINESS. URL: <https://ecolog-ua.com/news/avtomatyzovanyy-post-ekologichnogo-monitoryngu-integrovano-v-vevropeysku-systemu-keys-prat> (дата звернення: 9.11.2023р).
3. ДБН В.2.4-5:2012 Хвостосховища і шлаконакопичувачі. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. – Київ: Державний інститут «УкрНДПродоканалпроект», 2012. – 70 с.
4. Global Industry Standard on Tailings Management. URL: <https://www.>

[goldfields.com/g-obal-industry-standard-on-tailings-management-gistm.php](https://goldfields.com/g-obal-industry-standard-on-tailings-management-gistm.php)

(дата звернення: 5.11.2023р).

5. Particulate Matter (PM) Pollution. EPA. United States Environmental Protection Agency. URL: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants> (дата звернення: 08.11.2023р).

6. What are the WHO Air quality guidelines? Improving health by reducing air pollution. World Health Organization, WHO. 22 September 2021. URL: <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines> (дата звернення: 10.11.2023р).

### МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ У ТУРЕЧЧИНІ. ПРИКЛАД ДЛЯ УКРАЇНИ

*Данилова Н. В., кандидат економічних наук, голова асоціації*

*Плюта І. В., керівник напрямку комунікацій асоціації*

*Асоціація управління відходами, м. Київ*

Аналіз турецького ринку управління відходами, сформованого протягом останніх двох десятиліть, свідчить про його високу ефективність і стане корисним в процесі трансформації системи управління відходами в Україні.

У період з початку 2000-х років Туреччина стикалася з аналогічними проблемами щодо регулювання ринку управління відходами, які актуалізувались для України з моменту прийняття закону України «Про управління відходами» у 2021 році. З 1999 року, коли Туреччина отримала статус кандидата в члени ЄС [1], турецька влада імплементує стратегію поступального переходу до економіки замкненого циклу та досягла значних успіхів, зокрема, у сфері управління відходами.

Особливої уваги заслуговує дослідження досвіду міста Стамбул, що має статус одного з найбільш густонаселених мегаполісів у світі. Офіційно населення міста становить 15,46 мільйонів осіб, проте кількість осіб, які щоденно перебувають у місті, сягає 24 мільйони. Щоденно в Стамбулі утворюється понад 18 тисяч тонн відходів. 30 років тому криза у галузі управління відходами досягла критичної точки і влада розпочала реформу управління відходами.

Стратегічним завданням до 2050 року у місті Стамбул визначено повністю відмовитися від захоронення відходів на полігонах. Протягом останніх 5 років спостерігається значний прогрес у досягненні цієї мети.

У 2022 році на полігонах було захоронено 62% загальної маси відходів, у порівнянні із 2020 роком, протягом якого було захоронено 92% відходів. Проміжним результатом передбачається зниження рівня захоронення до 29% до 2030 року. Основним принципом досягнення цієї мети є сортування та переробка відходів за допомогою високотехнологічного обладнання, інші види відходів використовуються для виробництва енергії. В даний момент загальна потужність енергетичних об'єктів у Стамбулі становить 184 МВт-год. Даний регіональний енергонезалежний хаб забезпечує електроенергією більше 400000 домогосподарств. Протягом наступних 7 років передбачається збільшення цього показника до 269 МВт-год, за умови введення в експлуатацію усіх запланованих проектів (рис.1).

Характерною особливістю міста Стамбул є його географічне розташування - на двох континентах та розділ Босфором, що призводить до дублювання інфраструктури управління відходами. У мегаполісі відсутній роздільний збір відходів. Враховуючи велику кількість місцевих жителів та туристів, транзитних переміщень, влада міста прийняла рішення відмовитись від сортування, оскільки це знижує ефективність управління відходами та збільшує фінансові, трудові витрати та витрати часу.



International scientific conference

**MININGMETALTECH 2023 – THE MINING  
AND METALS SECTOR: INTEGRATION  
OF BUSINESS, TECHNOLOGY  
AND EDUCATION**

November 29–30, 2023

Volume 2



International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 2. 348 pages.

#### **Program Committee**

*Head of the Program Committee* – **Yurii RYZHENKOV** – CEO, LLC “METINVEST HOLDING”

*Deputy Head of the Program Committee* – **Oleksandr POVAZHNYI** – Doctor of Economics, Professor, Rector of LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

*Secretary of the Program Committee* – **Maksym KARAKAI** – PhD in Public Administration, Academic Secretary, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Oleksandr MYRONENKO** – Operations Director, LLC “METINVEST HOLDING”

**Tetiana PETRUK** – HR & Organizational Development Director, LLC “METINVEST HOLDING”

**Olha OVCHYNNYKOVA** – Director of Economics and Business Systems Development, LLC “METINVEST HOLDING”

**Yuliia DANKOVA** – Chief Financial Officer, LLC “METINVEST HOLDING”

**Svitlana ROMANOVA** – Chief Legal Officer, LLC “METINVEST HOLDING”

**Andrii YEMCHENKO** – PhD in Engineering, Chief Technology Officer, LLC “METINVEST HOLDING”

**Dmytro TEVELIEV** – CEO Advisor, LLC “METINVEST HOLDING”

**Oleksii KOMLYK** – member of the Supervisory Board

**Oleksandr PIMKIN** – Director of the Department of Organizational Management and Compensation Management, LLC “METINVEST HOLDING”

**Oleksandr PODKORYTOV** – Chief Technology and Quality Officer, LLC “METINVEST HOLDING”

**Pavlo UZBEK** – Director of the Department of Labor Safety, Industrial Security and Environmental Protection, LLC “METINVEST HOLDING”

**Vitalii KOVALENKO** – Director of the Department of Sustainability Development and Environmental Management, LLC “METINVEST HOLDING”

**Maria VASYLIEVA** – CEO, LLC “METINVEST SICHSTEEL”

**Gregory MASON** – Head of the Supervisory Board

**Andrii KOSTRYZHEV** – Project Manager – Material Characterization Scientist, The University of Queensland

#### **Organizational Committee**

*Head of the Organizing Committee* – **Volodymyr KUKHAR** – Doctor of Engineering, Professor, Professor at the Department of Metallurgy, Materials Science and Industrial Management, Vice Rector for Research, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

*Deputy Head of the Organizing Committee* – **Natalia REKOVA** – Doctor of Economics, Professor, First Vice Rector – Vice Rector for Academic Affairs, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

*Secretary of the Organizing Committee* – **Khrystyna MALII** – PhD in Engineering, Head of the Research Department, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Kostiantyn MOISEIENKO** – PhD in Economics, Associate Professor, Head of the Department of Education Quality Management and International Projects, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Iryna SHKRABAK** – Doctor of Economics, Professor, Dean of the Faculty of Mining and Metallurgy, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Viktoriia ROVENSKA** – PhD in Economics, Associate Professor, Dean of the Faculty of Production Automation and Digital Technologies, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Volodymyr PASHYNSKYI** – Doctor of Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Metallurgy, Materials Science and Industrial Engineering, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Nataliia VOLODCHENKOVA** – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Labor Safety and Environmental Protection, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Nadiia RAGULINA** – PhD in Economics, Head of the Department of Linguistics and Humanities, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Oleksiy KOYFMAN** – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Automation, Electrical and Robotic Systems, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Iryna SMYRNOVA** – PhD in Economics, Associate Professor, Head of the Department of Digital Technologies and Project-Analytical Solutions, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Nataliia HRUDKINA** – Doctor of Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Natural Sciences and General Engineering Disciplines, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Viacheslav KAMENETS** – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of the Department of Mining Industry, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Maksym SHTODA** – PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Metallurgy, Materials Science and Industrial Management, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Pavlo SAHAIDA** – Doctor of Engineering, Associate Professor, Professor at the Department of Digital Technologies and Project-Analytical Solutions, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Oleh KRUZHYLKO** – Doctor of Engineering, Professor, Professor at the Department of Labor Safety and Environmental Protection, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

**Dmytro PIKARENIA** – Doctor of Geology, Professor, Professor at the Department of Labor Safety and Environmental Protection, LLC “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Each author is responsible for content and formation of his/her materials.

The reference is mandatory in case of republishing or citation.

Riga, the Republic of Latvia

November 29–30, 2023

**Перелік використаних джерел**

1. Абдулін М.З. Застосування струменево-нішової технології спалювання палива в енергетичних установках. «Енергетичні та теплоенергетичні процеси та обладнання» Весник НТУ «ХПІ». 2015. № 6. С. 130–144.
2. Томаш М.А, Ізотов Б.В., Турбаба А.Є., Абдулін М.З., Дворцін Г.Р., Гребінна М.В. Модернізація пальникового обладнання запальних горнів агломераційних машин. Журнал «Метал та лиття України». 2017. № 1. С. 16–19.

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-136>

**OVERVIEW OF ATMOSPHERIC PROTECTION MEASURES  
IN MINING INDUSTRY DEVELOPMENT REGIONS**

**ОГЛЯД ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРИ РАЙОНІВ  
РОЗВИТКУ ГРИНИЧОДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**Avlasonok K.I.**

*student (group 183-22-1m),  
LLC "Technical university  
"Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Авласьонок К.І.**

*здобувач вищої освіти групи 183-22-1м,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

**Maksymova N.M.**

*PhD (Engineering),  
Associate Professor, LLC "Technical  
university "Metinvest polytechnic",  
Zaporizhzhia, Ukraine*

**Максимова Н.М.**

*к.т.н., доцент,  
ТОВ «Технічний університет  
«Метінвест політехніка»,  
м. Запоріжжя, Україна*

16 вересня 2014 р. Верховна Рада України та Європейський Парламент ратифікували Угоду про асоціацію між Україною та ЄС. Однак й досі триває реформування природоохоронної галузі. Так, Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України відзначило, що реформа управління відходами триває, про що свідчить вступ в дію у 2023 році Закону України «Про управління відходами». Також наразі розробляються нормативи екологічної безпеки атмосферного повітря, котрі враховуватимуть не лише гігієнічні

нормативи допустимого вмісту забруднюючих речовин в повітрі та рівень їх впливу на людину. Представники Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [1] зазначили, що під час розробки нормативів екологічної безпеки атмосферного повітря враховуватимуться такі складові, як: вплив фізичних та біологічних факторів, кліматичні умови, вплив забруднення повітря, яке вже присутнє на певних територіях, можливість транскордонного перенесення забруднюючих речовин тощо. Екосистемний підхід вже відображається у Методиках розрахунку розмірів шкоди, внаслідок надзвичайних ситуацій під час дії воєнного стану, які були затверджені у 2022 році. Наразі Міжвідомча комісія напрацьовує: «дорожню карту» розроблення нормативів із захисту атмосферного повітря та інше.

Постановою Кабінету Міністрів України від 17 вересня 1996 р. № 1147 відзначається, що до переліку видів діяльності, які належать до природоохоронних заходів відноситься розроблення технології, організація виробництва та застосування матеріалів, використання методів та впровадження технологій, що забезпечують запобігання виникненню, зниження рівня впливу чи усунення факторів забруднення атмосферного повітря. Розглянемо подібні природоохоронні заходи на прикладі районів з розвиненою гірничодобувною промисловістю, супутніми об'єктами якої є багатотоннажні накопичувачі рідких та твердих відходів. Наприклад, у м. Кривий Ріг налічується понад 10 хвостосховищ з загальним об'ємом 7,6 тисяч га [2]. Вплив хвостосховищ на навколишнє середовище розглядається у багатьох нормативно-технічних та наукових інформаційних джерелах. Зокрема у 2020 році був опублікований Глобальний галузевий стандарт з управління хвостосховищами (GISTM), котрий є доповненням до існуючого стандарту з управління хвостосховищ Європейського Союзу та спрямований, в першу чергу, на запобігання катастрофічного руйнування гребель і дамб шляхом удосконалення існуючої практики в гірничодобувній промисловості за допомогою інтеграції соціальних, екологічних та технічних міркувань.

За даними [2] на початок XXI століття було виявлено, що у м. Кривий Ріг, на відстані 3,5 км від хвостосховища, концентрація пилу може перевищувати в 5 разів норму ГДК при швидкості вітру 4 м/с, а при відстані 500 м концентрація пилу сягає від 0,4 до 22,9 мг/м<sup>3</sup>, в той час як на самому хвостосховищі сягатиме від 32 до 600 мг/м<sup>3</sup>. Це обумовлює соціальні ризики для місцевого населення.

---

Riga, the Republic of Latvia

November 29–30, 2023

---

З метою поліпшення екологічної ситуації на Криворіжжі за останні роки на підприємствах гірничодобувної галузі був запропонований ряд природоохоронних проєктів із захисту атмосферного повітря, зокрема [3]:

1) використання бентоніту, що є різновидом глини, до якого додають пластифікатори і стабілізатори. Такий матеріал утворює міцний зв'язок та стійку плівку на поверхні хвостосховищ. Недоліком є висока вартість матеріалу та часта його заміна, що потребує економічного обґрунтування подальшого застосування у виробництві;

2) технологія пилопригнічення шлакових відвалів за допомогою спеціального реагенту – полімеру Enviro Binder. Даний екологічно чистий, нетоксичний продукт має міжнародний паспорт безпеки, отримав дозвіл державної санітарно-епідеміологічної експертизи в Україні. Застосовується для зупинки та зниження вітрової та водної ерозії на відкритих схилах та ділянках. Після нанесення утворюється захисна плівка на досить тривалий термін – від 6 до 12 місяців. Може потребувати корегування в залежності від місцевих кліматичних умов;

3) використання «зелених» технологій. Наприклад, утворення стійкого рослинного покриву шляхом посіву жита, оскільки дана культура має гарне сходження і добре проростає в умовах хвостосховища. Коренева система жита затримує поверхневий шар та зменшує кількість здування пилу при різних умовах пориву вітру. На 1 га висіяного жита може утриматися до 150 тон пилу, що дозволить знизити пиління хвостосховищ на 80%. Щоб знизити концентрацію пилу, на скельному привантаженні дамби, весною 2023 р. було висаджено кущі винограду сорту «Вічі» на гірничо-збагачувальному комбінаті, а для догляду за рослинами встановлено крапельний полив. Недоліком використання сезонних культур є те, що у поза вегетаційний період відсутнє пилопригнічення. Тому увагу почали приділяти можливості використання багаторічних трав на схилах техногенних насипів та збільшенню озеленення санітарно-захисних зон деревами листяних та хвойних порід. Так, реалізація екологічної програми «Оазис», яка була розроблена спільно фахівцями Групи Метінвест та Криворізького ботанічного саду націлена на збільшення кількості зелених насаджень на проммайданчиків та прилеглих територій комбінатів, а також створення зон відпочинку для працівників комбінатів. Слід відзначити, що усереднені показники пилеутримуючої здатності стійкого трав'яного покриву за умови без помітної шкоди для подальшого нормального розвитку сягають 32 т/га, а газобірної здатності по двоокису сірки – 40 кг/га, по хлоридах – 10 кг/га, по фторидах – 2 кг/га.

Вище наведені питомі показники пилеутримуючої та газобирної здатності рослинного покриву визначаються на підставі тривалих наукових досліджень, але підкреслюють доцільність впровадження «зелених» технологій на виробництві. Наприклад, за даними стаціонарного посту автоматичного спостереження № 1 за разовими метеорологічними та якісними показниками атмосферного повітря на ПРАТ «ПВНГЗК» станом на 18.04.2020 р. був зафіксований максимальний вміст пилу  $0,016 \text{ мг/м}^3$  при швидкостях вітру  $3 \text{ м/с}$  та менше. Таким чином, рівень запилення атмосферного повітря пилом неорганічним, що містить двоокис кремнію більше  $70 \%$ , не перевищував затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 14.01.2020 № 52 гігієнічних регламентів, які встановлені для даної речовини 3 класу небезпеки на рівні: максимально разова гранично допустима концентрація в розмірі  $0,15 \text{ мг/м}^3$  та середньодобова –  $0,05 \text{ мг/м}^3$ .

Про ефективність реалізації заходів захисту атмосфери на кожній стадії процесу виробництва свідчить те, що за останні 10 років викиди пилу зменшились на  $50\%$  і більше [3].

#### Перелік використаних джерел

1. Якою має бути якість повітря в Україні, щоб забруднення не впливало негативно на довкілля. Новини від 05.09.2023. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/yakoyu-maye-buty-yakist-povitrya-v-ukrayini-shhob-zabrudnennya-ne-vplyvalo-negatyvno-na-dovkillya/> (дата звернення: 07.09.2023 р.).

2. Козін Я.В., Гацький А.Г. Загальна характеристика стану довкілля в умовах Криворізьких хвостосховищ. URL: <https://kdpu.edu.ua/pryroda-kryvorizhzhia/pryroda-ta-liudy/ekolohichna-storinka/3217-konstruktyvno-heohrafichni-osoblyvosti-polipshennya-suchasnoho-stanuhirnych-hopromyslovykh-landshaftiv.html> (дата звернення: 05.09.2023 р.).

3. METINVEST.MEDIA. URL: <https://metinvest.media/ua> (дата звернення: 07.09.2023 р.).

TSC-2930002-MIP dated 30.11.2023

# CERTIFICATE

**mip** metinvest  
polytechnic

*Kateryna AVLASONOK*

*for Participation in the International scientific-technical conference*

## **MININGMETALTECH 2023 - The mining and metals sector: integration of business, technology and education**

**November 29-30, 2023**

*Total: 15 hours – 0.5 ECTS credit*

**Oleksandr POVAZHNYI**  
Doctor of Economics, Professor  
Rector of LLC "TECHNICAL UNIVERSITY  
"METINVEST POLYTECHNIC"

