

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ННІ холоду, кріотехнології та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського

Кафедра екології, води та природоохоронних технологій

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Освітня програма Технології захисту навколишнього середовища



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему **«Дослідження впливу на повітряне середовище неорганізованих
пилових викидів на полігонах ТПВ»**

Здобувача Шунько С.О.

2 курсу, ТЗС-467 групи

Керівник доцент Мадані М.М.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 2024 р., протокол № _____

Завідувач кафедри ЕВтаПТ _____ Олексій ГАРКОВИЧ

Одеса – 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ННІ холоду, кріотехнології та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського

Кафедра екології, води та природоохоронних технологій.

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Освітня програма Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к-т біол. наук, доц.

_____ **О. Л. Гаркович**

“ ____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Шунько Святослава Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження впливу на повітряне середовище неорганізованих пилових викидів на полігонах ТПВ».
Затверджена наказом ОНТУ від «28» березня 2024 року, наказ № 139-03
2. Термін здачі здобувачем роботи 01.12.24 р.
3. Вихідні дані роботи визначення розподілення пилу, що утворюється при розміщенні будівельних відходів на полігоні ТПВ.
4. Перелік питань, які потрібно розробити: розглянути особливості проектування, будівництва та експлуатації полігонів ТПВ; здійснити аналіз методів розрахунку викидів пилу в атмосферу від неорганізованих джерел; розглянути особливості організації моніторингу стану навколишнього природного середовища під час експлуатації полігонів ТПВ; дослідити процеси розповсюдження та осідання пилу при розміщенні відходів на полігоні; провести уточнення значень коефіцієнтів, що приймаються під час розрахунків викидів до атмосфери від неорганізованих джерел; охарактеризувати заходи щодо охорони праці на полігонах ТПВ; розрахувати величину зони надзвичайної ситуації при пошкодженні герметичності установки з утилізації біогазу на полігоні ТПВ.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): таблиці та схеми, що відображають хід виконання випускної кваліфікаційної роботи.

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Мадані М.М., доцент	28.03	9. 10
2	Мадані М.М., доцент	28.03	18.10
3	Мадані М.М., доцент	28.03	14.11
4	Мадані М.М., доцент	28.03	21.11
5	Мадані М.М., доцент	28.03	29.11

7. Дата видачі завдання 29.01.2024 р.

Керівник Марія МАДАНИ
(підпис)

Завдання прийняв до виконання Святослав ШУНЬКО
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналітичний огляд та вибір напрямку досліджень	5.10.24	
2.	Аналіз методів розрахунку викидів пилу в атмосферу від неорганізованих джерел	7.10.24	
3.	Поширення пилу в повітрі під час розвантаження будівельних відходів	12.10. 24	
4.	Визначення вмісту пилу в повітрі при роботі бульдозера на робочій карті полігону	14.10.24	
5.	Дослідження процесів розповсюдження пилу при зберіганні подрібнених будівельних відходів	5.11.24	
6.	Уточнення коефіцієнтів, що приймаються під час розрахунків викидів до атмосфери від неорганізованих джерел	9.11.24	
7.	Формулювання висновків та рекомендацій	29.11.24	
8.	Оформлення презентаційних матеріалів	6.12.24	

Здобувач-дипломник Святослав Шунько
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи Марія МАДАНИ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Святослав ШУНЬКО
(прізвище та ініціали) (підпис)

АНОТАЦІЯ

Розрахунково-пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної роботи: стор. – 83, рис. – 27, табл. – 12, формули - 28, література – 48.

Перелік ключових слів: пилового забруднення атмосфери, будівельні відходи, пилоосідання, полігони твердих побутових відходів (ТПВ).

Тема: Дослідження впливу на повітряне середовище неорганізованих пилових викидів на полігонах ТПВ.

Об'єкт дослідження: пил, що утворюється при розміщенні будівельних відходів на полігоні ТПВ.

Предмет дослідження: оцінка впливу пилових викидів пилу будівельних відходів на забруднення повітряного середовища полігонів ТПВ під час виконання різних технологічних операцій із їх розміщення.

Мета досліджень: удосконалення системи моніторингу екологічної безпеки у зонах функціонування полігонів ТПВ при розміщенні на них будівельних відходів на основі результатів дослідження пилового забруднення атмосфери.

Кваліфікаційна робота магістра складається з таких розділів:

Розділ 1. Наведено аналіз антропогенного забруднення довкілля полігонами ТПВ; розглянуті особливості проектування, будівництва та експлуатації полігонів ТПВ; проведено аналіз методів розрахунку викидів пилу в атмосферу від неорганізованих джерел; розглянуто особливості організації моніторингу стану навколишнього природного середовища під час експлуатації полігонів ТПВ.

Обґрунтовано та вибрано напрямок дослідження. Наведено висновки до першого розділу.

Розділ 2. Охарактеризовано об'єкт дослідження; проведено аналіз процесів поширення пилу в повітряному середовищі на території полігону ТПВ; представлені результати дослідження закономірностей поширення пилу в атмосферному повітрі під час розвантаження та зберігання будівельних відходів.

Наведено висновки до другого розділу.

Розділ 3. Проведено уточнення значень коефіцієнтів, що приймаються під час розрахунків викидів до атмосфери від неорганізованих джерел.

Наведено висновки до третього розділу.

Розділ 4. Охарактеризовано заходи щодо охорони праці на полігонах ТПВ.

Розділ 5. Розраховано величину зони надзвичайної ситуації при пошкодженні герметичності установки з утилізації біогазу на полігоні ТПВ.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
РОЗДІЛ 1 ПОЛІГОНИ ТПВ ЯК НЕБЕЗПЕЧНИЙ ЧИННИК ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ.....	5
1.1 Проблеми антропогенного забруднення довкілля полігонами ТПВ....	5
1.2 Особливості проектування, будівництва та експлуатації полігонів для твердих побутових відходів.....	9
1.3 Аналіз методів розрахунку викидів пилу в атмосферу від неорганізованих джерел.....	16
1.4 Особливості організації моніторингу стану навколишнього природного середовища під час експлуатації полігонів ТПВ.....	19
1.5 Обґрунтування та вибір напрямку досліджень	21
1.6 Висновки до першого розділу	23
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА СТАН ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА НЕОРГАНІЗОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ВИКИДІВ ПИЛУ НА ПОЛІГОНАХ ТПВ.....	24
2.1 Характеристика об'єкта дослідження.....	24
2.2 Аналіз процесів поширення пилу в повітряному середовищі на території полігону ТПВ.....	28
2.3 Дослідження закономірностей поширення пилу в атмосферному повітрі під час розвантаження будівельних відходів зі сміттєвоза.....	32
2.3.1 Методика проведення експериментів.....	32
2.3.2 Результати експериментальних досліджень.....	36
2.4 Оцінка вмісту пилу в атмосферному повітрі при роботі бульдозера на робочій карті полігону.....	42
2.5 Дослідження процесів розповсюдження частинок пилу при зберіганні подрібнених будівельних відходів і ґрунту.....	47
2.6 Висновки до другого розділу.....	57
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	58
3.1 Уточнення значень коефіцієнтів, що приймаються під час розрахунків викидів до атмосфери від неорганізованих джерел.....	58
3.2 Висновки до третього розділу.....	60
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	61
4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на полігоні..	61
4.2 Пожежна безпека.....	62
4.3 Засоби індивідуального захисту та виробнича санітарія.....	63
4.4 Вимоги безпеки при виконанні робіт.....	65
4.5 Вимоги безпеки розвантажувальних робіт на полігонах ТПВ.....	67
РОЗДІЛ 5 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....	71
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78

ВСТУП

Актуальність дослідження. Сучасні полігони твердих побутових відходів (ТПВ) це спеціалізовані інженерні споруди, які обладнані захисним протифільтраційним екраном, системами збору та утилізації інфільтратів та біогазу, системою технічної та біологічної рекультивації, системою збору та відведення умовно чистих атмосферних вод. Однак, більш ніж 80 % полігонів ТПВ, що експлуатуються сьогодні в Україні не відповідають санітарним та технічним нормам, тобто фактично є звалищами та створюють техногенне навантаження на складові навколишнього середовища [1].

Відходи, що там розміщені, зазнають складних фізико-хімічних та біохімічних змін під впливом атмосферних явищ, специфічних умов, що формуються у товщі відходів, а також в результаті взаємодії між собою. Це призводить до утворення різних токсичних сполук, які, потрапляючи до навколишнього середовища, негативно впливають на його компоненти [3].

Якщо у закордонній практиці поводження з ТПВ застосовується їх рециклінг, то в нашій країні це питання вирішується найчастіше у вигляді розміщення ТПВ на полігонах, які у цьому випадку стають джерелами пилового забруднення атмосфери. Однак це пилове забруднення не враховується при експлуатації полігонів ТПВ та моніторингу стану навколишнього природного середовища, який включає в себе контроль тільки газового складу атмосфери, а також контроль якості поверхневих та підземних вод.

Крім того, визначення об'єму пиловиділень за діючими методикам визиває труднощі, у зв'язку з багатоконпонентним складом, а також недостатньою вивченістю поширення та осідання пилу, що утворюється під час розміщення відходів будівництва на полігонах ТПВ.

Тому актуальними є дослідження, спрямовані на вивчення особливостей процесів утворення та поширення в атмосфері пилових частинок, що

виділяються при проведенні різних операцій з прийому та поховання будівельних відходів.

Мета роботи – удосконалення системи моніторингу екологічної безпеки у зонах функціонування полігонів для поховання ТПВ при розміщенні на них будівельних відходів на основі результатів дослідження пилового забруднення атмосфери.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішувалися наступні завдання:

- аналіз антропогенного забруднення довкілля полігонами ТПВ;
- аналіз особливостей проектування, будівництва та експлуатації полігонів для твердих побутових відходів та промислових відходів IV–V класів небезпеки для довкілля;
- аналіз діючих методик для розрахунку маси пилових викидів у атмосферу від неорганізованих джерел;
- аналіз особливостей організації моніторингу стану навколишнього природного середовища при експлуатації полігонів ТПВ;
- аналіз закономірностей поширення у навколишньому середовищі пилу, що виділяється від неорганізованих джерел полігонів ТПВ;
- експериментальні дослідження щодо виявлення закономірностей поширення в навколишньому середовищі пилу, що утворюється під час розміщення будівельних відходів на полігоні ТПВ;
- уточнення значень поправочних коефіцієнтів, що використовуються відповідно до чинних методик для розрахунку маси викидів пилу в атмосферу від неорганізованих джерел.

Методи дослідження включали: аналітичне узагальнення відомих наукових та технічних результатів, експериментальні дослідження в натурних та лабораторних умовах, обробку експериментальних даних методами математичної статистики.

РОЗДІЛ 1

ПОЛІГОНИ ТПВ ЯК НЕБЕЗПЕЧНИЙ ЧИННИК ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

1.1. Проблеми антропогенного забруднення довкілля полігонами ТПВ

Діяльність людини зумовлює утворення твердих відходів. Газоподібні і рідкі відходи швидко поглинаються природним середовищем, на відміну від них, тверді відходи асимілюються десятки і сотні років. Місця складування твердих відходів займають великі території. Щороку в Україні утворюються близько 10 тонн відходів на одного мешканця країни, проти 5 тонн, як це є в країнах Європейського Союзу. Відсоток утилізації та знешкодження відходів практично нульовий. За даними укрстату обсяг накопичення відходів за період 2017-2023 роки наведено у таблиці 1.1. [1]. Загалом в країні накопичилось близько 12,5 млрд. т відходів (станом на 2023 рік). Об'єм утворення твердих відходів в Україні в 6,5 разів більший ніж в США і в 3,2 рази ніж в країнах ЄС. Проблема відходів – це, в основному, проблема міст, чим більше місто, тим більше відходів [2].

Згідно Закону України «Про відходи» побутові відходи - це відходи, що утворюються в процесі життя і діяльності людини в житлових та нежитлових будинках (тверді, великогабаритні, ремонтні, рідкі, крім відходів, пов'язаних з виробничою діяльністю підприємств) і не використовуються за місцем їх накопичення [3].

Тверді відходи – залишки речовин, матеріалів, предметів, виробів, товарів, продукції, що не можуть у подальшому використовуватися за призначенням. Тож можна сказати, що компоненти сировини, які не використовуються при виробництві продукції, або речовини і енергія, які виникають під час технологічних процесів, і не піддаються утилізації на даному виробництві, називаються відходи [4].

Таблиця 1.1 – Динаміка утворення відходів на території України, тис. [1]

	Утворено	Утилізовано	Спалено	Видалено у спеціально відведені місця чи об'єкти	Загальний обсяг відходів, накопичених протягом експлуатації, у спеціально відведених місцях чи об'єктах
2017	425914,2	145710,7	1058,6	336952,2	13267455,0
у т.ч. відходи I-III класів небезпеки	1659,9	642,4	16,5	306,3	16236,3
2018	447641,2	153687,4	1054,5	277106,8	14422372,1
у т.ч. відходи I-III класів небезпеки	1434,5	597,5	15,6	138,5	15157,9
2019	450726,8	143453,5	1215,9	289627,4	14910104,7
у т.ч. відходи I-III класів небезпеки	1368,1	541,4	14,0	146,7	14324,8
2020	448117,6	147177,9	918,7	288121,1	15167368,9
у т.ч. відходи I-III класів небезпеки	919,1	439,0	15,1	103,0	12641,6
2021	3555000,4	109280,1	944,7	203698,0	12205388,8
у т.ч. відходи I-III класів небезпеки	739,7	327,1	8,2	81,6	11996,0
2022	312267,6	92463,7	1134,7	152295,0	12505915,8
у т.ч. відходи I-III класів небезпеки	587,3	314,5	5,8	78,6	12055,0
2023	366054,0	100056,3	1064,3	169801,6	12442168,6
у т.ч. відходи I-III класів небезпеки	605,3	305,5	8,7	107,1	12197,6

Вторинні матеріальні ресурси (ВМР) – сукупність всіх видів відходів, які можуть бути використані як основна чи допоміжна сировина для випуску нової продукції. Реальні ВМР – це ті ресурси для яких створені ефективні методи і технологічні схеми для переробки. Потенціальні ВМР – ті ресурси, що не відносяться до реальних [5].

За прогнозами Інституту економіки природокористування та сталого розвитку НАН України, норма утворення ТПВ на одиницю населення до 2030 року має зрости до 347 кг/рік, а у 2040 році – до рівня 395 кг/рік [6]. Дуже чітко простежується динаміка утворення ТПВ в ЄС залежно від індустріального розвитку країни, густоти населення та рівня його життя. Промислово розвинутий та більш багатий захід Європи генерує значно більше побутових відходів, ніж країни сходу. За останніми даними Євростату, порівнювана з Україною за кількістю населення Іспанія генерує 535 кг ТПВ/особу (Україна – 287 кг/ос). Територіальні сусіди України, Польща та Румунія, генерують 315 кг/особу та 365 кг/особу відповідно (рисунк 1.1.) [7].

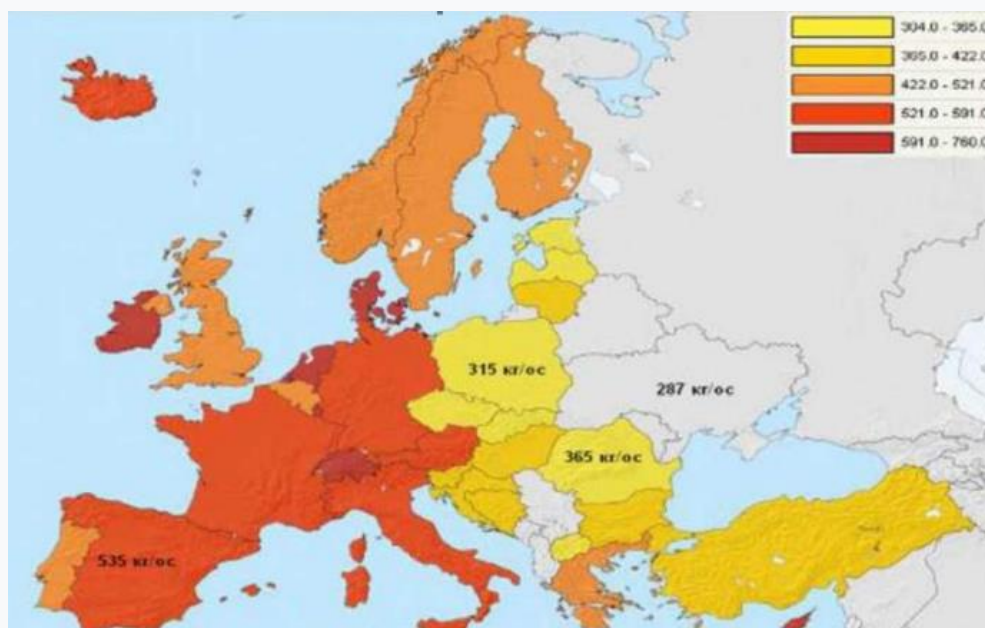


Рис. 1.1 – Порівняльна карта-схема кількості утворення відходів у різних країнах Європи, кг/особу

В Україні ж найбільшу кількість ТПВ генерують густонаселені регіони сходу та півдня, а також м. Київ. При цьому, послугами з вивезення ТПВ

охоплено лише 3/4 населення країни. Зауважимо, що офіційні статистичні дані Мінрегіону є значною мірою приблизними. В зв'язку з тим, що в Україні практично відсутня практика зважування твердих побутових відходів, зазвичай облік ведеться в одиницях об'єму (кубічних метрах). Перерахунок у одиниці маси (т) здійснюється виходячи з густини ТПВ, яка складає близько 0,2 – 0,3 т/м³ [8].

Вивезення побутового сміття на звалища означає перекладання непотрібних і небезпечних в санітарному відношенні речовин з одного місця на інше: із міста – за місто. Значною проблемою стає знаходження вільних земель поблизу великих міст [9].

За кордоном щораз більше країн відмовляються від такого застарілого способу вирішення проблеми. В провідних європейських країнах (Данія, Швеція, Бельгія, Нідерланди, Німеччина, Австрія та ін.) захороненню підлягають менше 20 % твердих побутових відходів, а залишки в обсязі 45 – 60 % переробляється як вторсировина, спалюється 25 –35 % відходів. У планах цих країн, через 5 –7 років, повністю припинити поховання твердих побутових відходів на полігонах [7].

При розміщенні твердих побутових відходів на звалищах і полігонах негативний вплив на природне середовище полягає в порушенні ландшафтів, забрудненні ґрунтів, повітряного басейну, поверхневих і підземних вод, що призводить до деградації природних екосистем, зміни умов проживання й стану здоров'я людей [10, 11].

Під час воєнного стану в Україні утворюється велика кількість будівельного сміття (зруйновані будівлі, підприємства, мости тощо), яке вивозиться на полігони ТПВ. Ці відходи стають неорганізованими джерелами пилового забруднення повітряного середовища на полігонах ТПВ.

1.2 Особливості проектування, будівництва та експлуатації полігонів для твердих побутових відходів

За даними статистики в Україні щорічно утворюється 15 –17 млн. т будівельних відходів [12]. В даний час існує два шляхи утилізації будівельних відходів:

- поховання на спеціально відведених полігонах та звалищах;
- повна переробка за допомогою спеціальної дробильної техніки з подальшим використанням як вторинної сировини при виробництві будівельних матеріалів.

Незважаючи на досвід успішної реалізації другого підходу в США, Японії, європейських країнах [12, 13], в Україні, як і раніше, переважає перший.

При цьому слід зазначити, що спеціальні полігони для будівельних відходів, як правило, не застосовуються, і останні приймаються на полігони для твердих побутових відходів (ТПВ) для поховання або використовуються в холодну пору року на цих об'єктах для створення ізолюючих шарів.

В останні роки у різних регіонах України робляться кроки, направлені на вдосконалення сфери поводження з відходами будівництва.

Так, наприклад, розроблено Правила поводження з будівельними відходами в Одеській обл. [14]. Цими правилами, зокрема, передбачається розробка у складі проектної документації на об'єкт будівництва технологічного регламенту поводження з будівельними відходами на об'єкті [15], а також формування та ведення банку даних будівельних відходів.

Територіальні будівельні норми Одеської області [16] передбачають поділ полігонів для ТПВ на два класи залежно від складу відходів. Будівельні відходи при знесенні, реконструкції, новому будівництві будівель та споруд, деревно-будівельні відходи, а також ґрунти, тверді будівельні відходи IV класу небезпеки, що містять радіонукліди в кількостях, що перевищують встановлені для радіоактивних відходів межі, приймаються на полігони ТПВ другого класу

[17]. При цьому для полігонів 1-го та 2-го класів регламентуються різні між собою проектні рішення [17].

В даний час загальні вимоги щодо проектування полігонів поховання твердих побутових відходів (полігонів ТПВ) містяться в чинному ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування». [18].

Полігон ТПВ - це комплекс споруд, до складу яких входять: робоча карта поховання відходів; господарська зона з побутовим приміщенням для обслуговуючого персоналу, майданчиками для стоянки та миття обладнання; пожежні цистерни; дезинфекційний бар'єр; система освітлення та огороження території; дренавальні, очисні споруди та споруди для накопичення стоків; пост радіометричного моніторингу, призначений для утилізації та знешкодження твердих побутових відходів.

Сміттєзвалище концентрується на обмеженій території і значна кількість забруднюючих речовин з цієї точки зору створює небезпеку для навколишнього середовища, як його потенційний потужний забруднювач. Для нейтралізації цієї небезпеки, конструкція полігону передбачає захисні пристрої, що перешкоджають проникненню забруднюючих речовин в довкілля. Наявність захисних споруд визначає те чи має сміттєзвалище природоохоронні функції, які принципово відрізняють полігон твердих побутових відходів від сміттєзвалища [17, 19].

Основні природоохоронні функції полігону: профілактика потрапляння забруднюючих речовин зі стоками звалищ до ґрунтових та поверхневих вод; захист атмосферного повітря від забруднення викидів пилу і газу та продуктів спалювання твердих побутових відходів; захист оточуючої місцевості від неприємних запахів і вітру, що розносить легкі фракції відходів з поверхні карт зберігання ТПВ; профілактика поширення гризунів, комах та хвороботворних мікроорганізмів; надання масиву відходів форми, обрисів та зовнішнього покриття в тон ландшафту та безпечного для людей [17, 18]. Проектування полігонів ТПВ здійснюється на основі концепції мінімізація екологічного

ризик, згідно з яким проблема мінімізація екологічного навантаження на навколишнє природне середовище, в першу чергу водних об'єктів, при дотриманні умов технічної можливості та економічної прийнятності запроєктованих заходів.

Відповідно до концепції, при проектуванні полігону ТПВ, крім виконання загальних нормативних вимог необхідно [17]:

- при виборі оптимального варіанту розміщення ділянки під сміттєзвалище ТПВ враховувати весь спектр фізико-географічних умов кожного варіанту; зокрема, поряд з інженерно-геологічними та гідрогеологічними умовами ділянки, оцінювати також тектонічні умови району розташування полігону;

- враховувати кліматичні умови району;

- передбачити комплекс протипросочуючих заходів захисту для мінімізації скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти;

- передбачити комплекс споруд для збору забруднених стоків з усієї території полігону, їх очищення та відведення;

- передбачити ізоляцію шарів укладених відходів і облаштування зовнішнього водонепроникного покриття полігону з подальшою рекультивацією його поверхні;

- забезпечити ефективну дегазацію відпрацьованої маси на всіх етапах існування полігону;

- передбачити організований збір талої і дощової води з усієї території полігону;

- забезпечити організацію моніторингу стану навколишнього природного середовища на прилеглий території;

- передбачити розрахунок і перерахунок в ході моніторингу, в разі виявлення зміни в стані навколишнього природного середовища, санітарно-захисної зони полігону;

- передбачають вибіркову утилізацію відходів, з можливістю відбору та переробки окремих видів відходів, а також пресування та брикетування

відходів для зменшення об'єму полігону, а також виключення процесу видування легких фракцій відходів.

З точки зору топографічних умов, найбільш сприятливі ділянки з помірно похилим рельєфом, бажано односхилі, такі що примикають з одного боку до лінії поверхневого вододілу, що значно спрощує організацію протифільтраційного захисту і відведення фільтрату з тіла полігону. Несприятливими районами є майже горизонтальні (ухили менше 0,002) і косогірні (ухили більше 0,02), особливо, коли вони розташовані в нижній частині схилу [17].

З точки зору порівняльної вартості вилучених земель, найбільш прийнятними є варіанти розміщення ділянок на землях, зайнятих малоцінними сільськогосподарськими угіддями, які не заліснені або не вкриті лісами [18].

За гідрологічними параметрами сприятливими умовами є мінімальна площа водозбору на ділянці сміттєзвалища, максимальна водність водотоку (річки) – потенційного приймача сміттєзвалищного стоку та відсутність на ньому водозаборів [18].

З точки зору геологічної будови сприятливими умовами є залягання на поверхні четвертинного шару осадових порід товщиною 4 м і більше. За гідрогеологічними умовами, допустимими є такі місця розташування ділянок, на яких:

- в основі (нижче дна котлованів) є шар глинистих ґрунтів, більше 2 м;
- рівень першого від поверхні горизонту ґрунтових вод (не рахуючи верховодка) залягає нижче дна глинистого шару;
- вся ділянка розташована з одного боку підземного вододілу;
- потік основного горизонту ґрунтових вод спрямований на водотік з менш жорсткими екологічними вимогами;
- нижче за течією відсутні підземні та поверхневі водозабори води.

Захисні екрани є основними елементами конструкції які забезпечують захист ґрунтів, підземних вод та поверхневих вод від проникнення фільтрату [17–19]. Основний водонепроникний елемент захисного екрану – поліетиленова

плівка або геомембрана [17–19]. Для збереження ізоляційних властивостей екрану при випадкових пошкодженнях плівки в якості її підстилаючого шару використовується шар із геотекстильного полотна із зовнішнього та внутрішнього боку захисної плівки та шару глинистого ґрунту (природного або ущільненого кар'єрного) товщиною не менше 1 м [18].

Так, наприклад, згідно [17] захисний екран основи полігону 2-го класу повинен складатися з конструктивних елементів (згідно з даними про експлуатацію полігонів даного класу), представлених на рисунку 1.2.

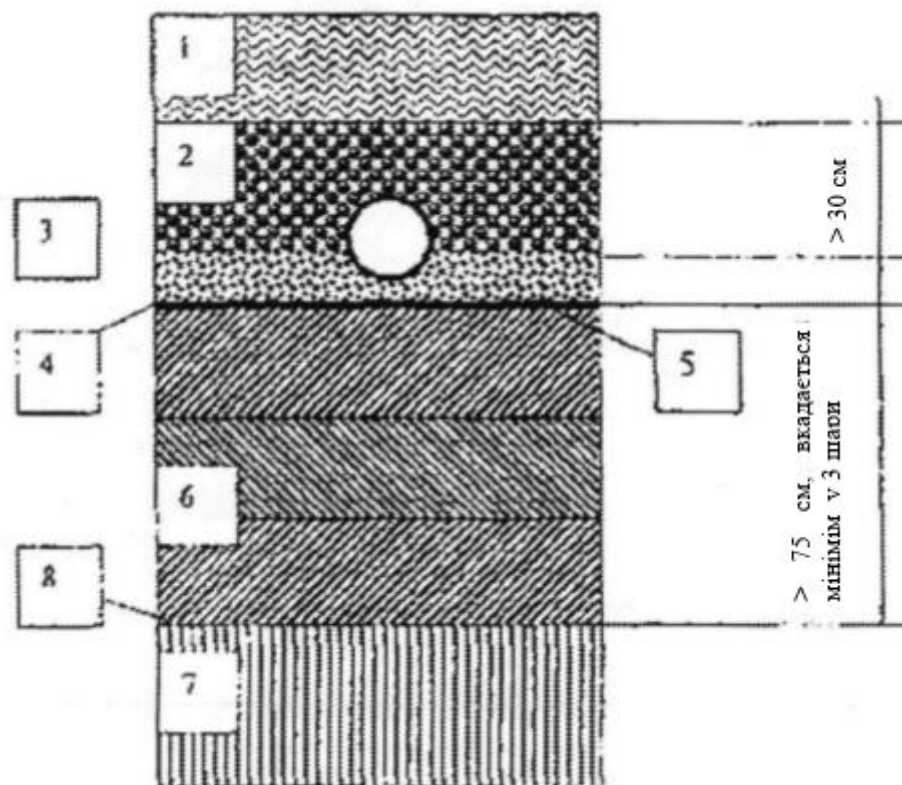


Рис. 1.2 – Конструкція захисного екрану основи полігону 2-го класу, [17]:

- 1 – ґрунт звалища; 2 – дренажний шар; 3 – дренажна труба; 4 – захисний шар; 5 – синтетична гідроізоляція; 6 – мінеральний ізоляційний шар;
- 7 – геологічний бар'єр; 8 – планувальна відмітка основи карти полігону.

Збір стічних вод здійснюється: з місця захоронення відходів – надекранним дренажем, з решти території полігону (в тому числі господарської частини) – системою зливної каналізації. Територія, підготовлена до створення полігону (карти майбутніх поховань відходів) [17, 18], залишається без

водозбірного басейну, і може служити джерелом додатковий обсягів талих і дощових вод, що може привести до затоплення робочої карти та витoku фільтрату за межі захисного екрану і попаданню його до відкритих водних об'єктів та ґрунтових вод. Зовнішні ухили відпрацьованої маси відходів формуються з укладанням 1:3,5; через кожні 6 м по висоті влаштовують проміжні берми шириною 4–6 м, що забезпечує стандартні нормативи ухилів 1:4 [18, 19]. По зовнішніх укосах і поверхні полігону влаштовується багатошарове ґрунтове водонепроникне покриття з внутрішнім дренажним шаром. Верхній шар покриття засипають родючим ґрунтом і озеленюють. Для захисту від розмивання, уздовж берм і схилів влаштовується система дренажних систем (канави, лотки).

Проекти полігонів передбачають пошарове укладання твердих побутових відходів з пересипанням їх проміжними ізоляційними шарами з місцевого ґрунту. Розміри робочих карт призначаються так, щоб пересипання проводилось щодобово. Товщина шару ущільнених ТПВ становить 2 м, ізоляційний шар ґрунту – 0,2 м. Шари укладаються насувним методом (рисунок 1.3), з зустрічним ухилом щодо рельєфу основи, що дозволяє: запобігати витoku фільтрату через шари до зовнішніх укосів; водоізоляційне покриття зовнішніх укосів, що підлягають виконанню, проводити паралельно зі штабелюванням відходів [17, 18].

Методом «насування» (знизу вгору) сміттєвози вивантажують відходи перед довгою стороною картки. Ущільнювачі підбирають ТПВ і створюють з них вал висотою 2 м над рівнем майданчика вивантаження сміттєвозів. Вал наступної добової карти «насувають» на попередній. Відходи ущільнюються до 800–850 кг/м³. Це досягається за допомогою 4-кратного проходу катків-ущільнювачів (компактори) або бульдозерів в одному місці кожного шару висотою 0,2–0,5 м, тобто кожний наступний слід коліс компактора перекидає попередній на $\frac{1}{4}$ ширини сліду.

Наступні шари відходів укладаються методом «зіштовхування» (зверху вниз) (рисунок 1.4). При цьому транспорт розвантажується на верхній

ізолюваній поверхні добових карт, сформованих у попередні дні, що сприяє додатковому ущільненню маси ТПВ. Ізоляцію карт ґрунтом проводять у зміну, коли не працюють сміттєвози.

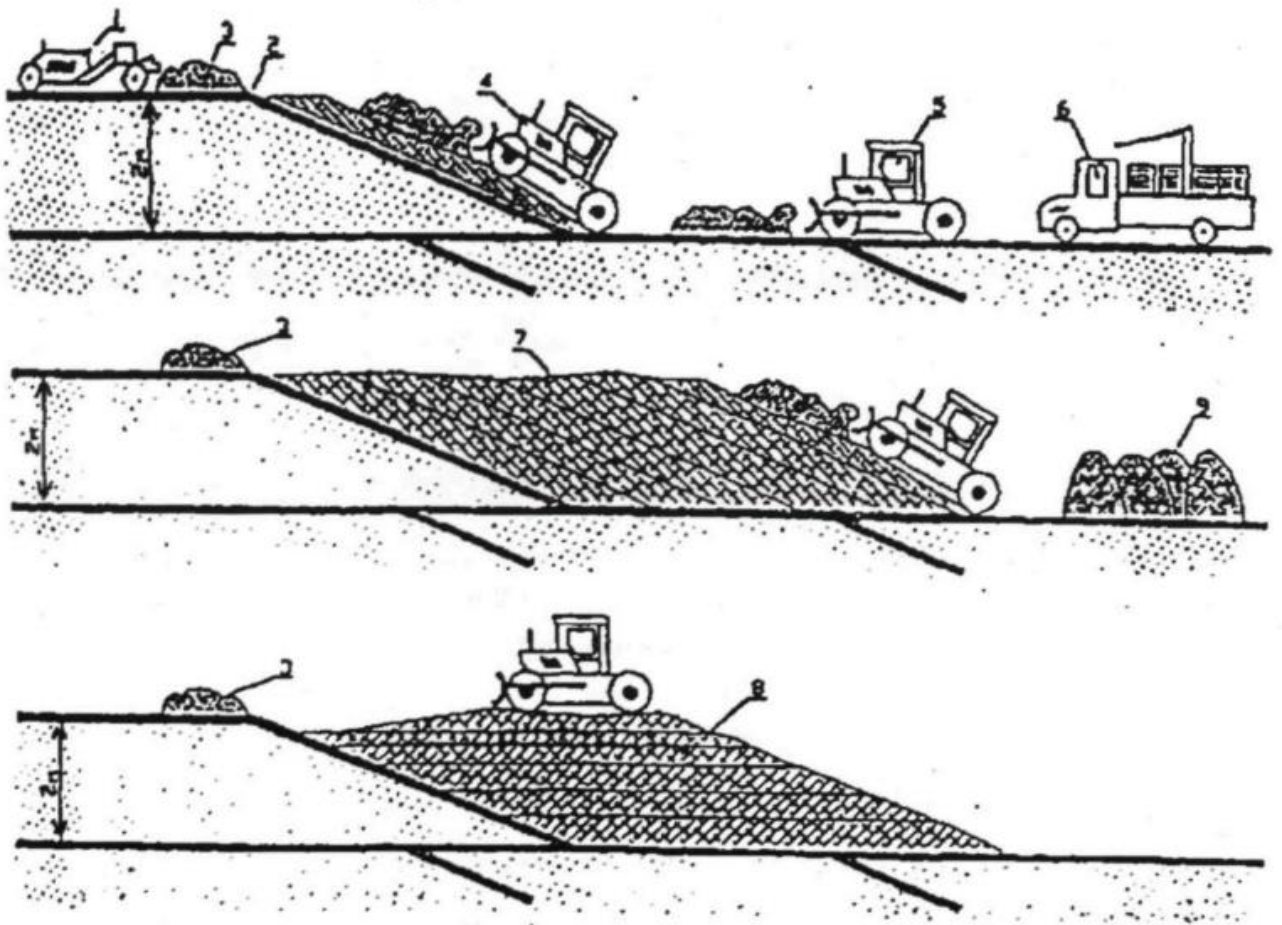


Рис. 1.3 – Укладання відходів за допомогою насувного методу (знизу– вгору).

- 1 – скрепер, що подає ґрунт; 2 – ізоляційний шар; 3 – ґрунт для ізоляції;
 4 – бульдозер, що ущільнює ТПВ; 5 – бульдозер, що транспортує ТПВ від місця
 вивантаження зі сміттєвоза до робочої карти; 6 – сміттєвоз на місці
 вивантаження; 8 – укладання тонких горизонтальних шарів;
 9 – вивантаження ТПВ.

Серйозні проблеми створює те, що при зберіганні відходів виділяється біогазу. Маса біогазу, що виділяється за рік на 10–15-й рік експлуатації полігону досягає 15 % від річної кількості відходів. При монтажі низькопроникного зовнішнього покриття, всередині тіла полігону утворюється

надлишковий тиск, який в поєднанні з високою температурою створює потенційну небезпеку спалаху газу, його локальних проривів і навіть вибухів. Тому при проектуванні сміттєзвалищ із зовнішнім покриттям, необхідно передбачити систему дегазації, яка повинна функціонувати протягом усього періоду експлуатації полігону та в післяексплуатаційний період – до припинення активного виділення газу, що особливо характерно для сміттєзвалищ розташованих в регіонах з жаркими літніми періодами, такими, як на Одещині.

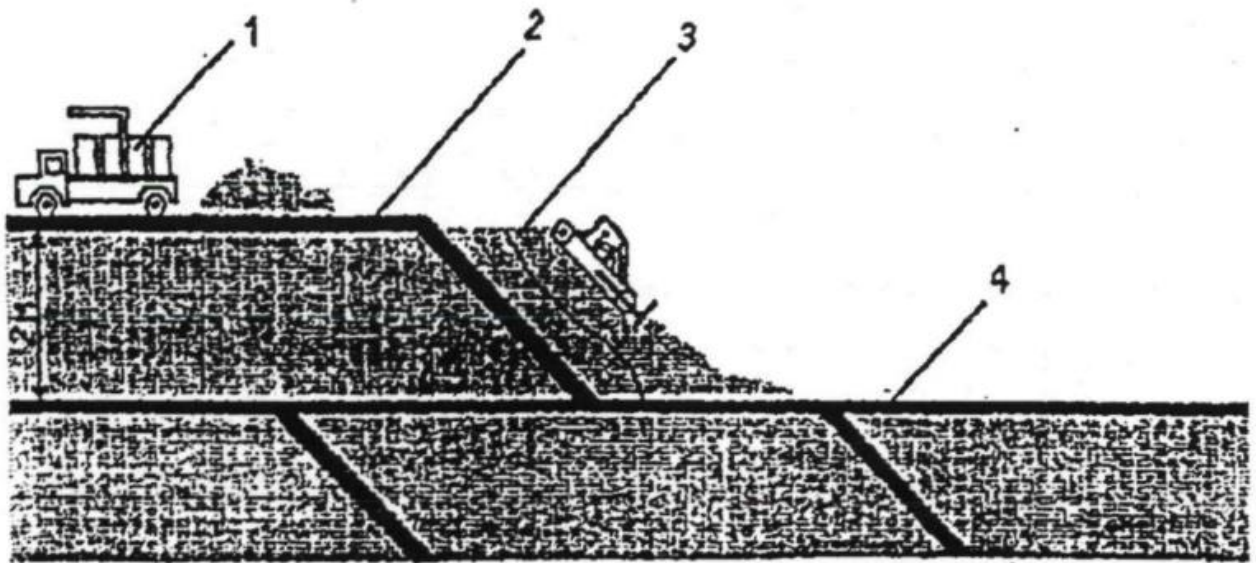


Рис. 1.4 – Укладання відходів методом зштовхування (зверху– вниз):
1 – сміттєвоз на місці вивантаження; 2 – ізоляція, нанесена в попередній день;
3 – ущільнення відходів на робочій карті; 4 – ізоляція нанесена 0,5– 1 рік тому

1.3 Аналіз методів розрахунку викидів пилу в атмосферу від неорганізованих джерел

В даний час для розрахунку викидів забруднюючих речовин до атмосфери для таких джерел, як вантажно-розвантажувальні роботи і статичного зберігання сипучих вантажів, використовуються такі методи [20–22].

Відповідно до цих методів, при визначенні викидів від неорганізованих джерел використовуються розрахункові методи із застосуванням питомих показників викидів забруднюючих речовин.

При розвантаженні матеріалів об'єм викидів пилу можна визначити за допомогою вираз [21]

$$M_{\text{роз}} = 10^6 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_7 K_8 K_9 B G_{\text{ц}} / 3600, \text{ г/с} \quad (1.1)$$

і для валових викидів

$$P_{\text{роз}} = 10^6 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_7 K_8 K_9 B G_{\text{рік}} / 3600, \text{ т/рік} \quad (1.2)$$

де K_1 – вагова частка фракції пилу в матеріалі (визначається при відмиванні і просіюванні середньої проби з виділенням пилової фракції розміром від 0 до 200 мкм [21]);

K_2 – частка пилу (від загальної маси пилу), що переходить в аерозоль (перевірка фактичного дисперсного складу пилу і уточнення значень коефіцієнта K_2 складається за результатами відбору проб біля об'єкту виділення пилу при швидкості вітру 2 м/с, що дує в напрямку точки відбору проб [21]);

K_3 – коефіцієнт, що враховує місцеві метеорологічні умови (приймаємо за табл. 2 [70]);

K_4 – коефіцієнт, що враховує місцеві умови, ступінь захищеності вузла від зовнішніх впливів, умов пилоутворення (приймаємо за табл. 3 [21]);

K_5 – коефіцієнт, що враховує вологість матеріалу (приймаємо за табл. 4 [70]); при цьому, під вологістю матеріалу розуміється вологість його пилу та дрібнозернистої фракції ($d < 1$ мм);

K_7 – коефіцієнт, що враховує крупність матеріалу (приймаємо за табл. 5 [21]);

K_8 – поправковий коефіцієнт для різних матеріалів залежно від типу грейфера (приймаємо за табл. 6 [21]); при використанні інших типів вантажно-розвантажувальних пристроїв $K_8 = 1$;

K_9 – поправковий коефіцієнт при потужному залповому скиданні матеріалу при розвантаженні самоскида. Передбачається, що він дорівнює 0,2

при скиданні матеріалу масою до 10 т, і 0,1 – понад 10 т. Для інших неорганізованих джерел $K_9 = 1$ [21];

B – коефіцієнт, що враховує висоту висипання (приймаємо за табл. 7 [21]);

$G_{ц}$ – загальна кількість оброблюваного матеріалу, т/год.

У таблиці 1.3, як приклад наведено значення коефіцієнтів K_1 і K_2 для деяких будівельних матеріалів.

Таблиця 1.3 – Значення коефіцієнтів K_1 і K_2 для визначення викидів пилу, [21]

Назва матеріалу	Густина матеріалу, г/см ³	Масова частка пилової фракції в матеріалі, K_1	Частка пилу, що переходить в аерозоль, K_2
Цемент	3,1	0,04	0,03
Кускове вапно	2,7	0,04	0,02
Вапно мелене	2,7	0,07	0,05
Граніт подрібнений	2,8	0,02	0,04
Мармур подрібнений	2,8	0,04	0,06
Крейда	2,7	0,05	0,07
Гіпс молотий	2,6	0,08	0,04
Керамзит	2,5	0,06	0,02
Вапняно-піщана суміш	2,6	0,05	0,01
Цегляний бій	Приймається за вихідним матеріалом	0,05	0,01
Мінеральна вата		0,05	0,01
Щебінь		0,04	0,02
Гравій		0,01	0,001
Тирса		0,04	0,01
Піщано-гравійна суміш (ПГС)	2,6	0,03	0,04

При зберіганні пилоподібних матеріалів питомий викид забруднюючої речовини рекомендується визначати за виразом [21]

$$M_{\text{збер}} = K_4 K_5 K_6 K_7 q F_{\text{роб}} + 0,11 K_4 K_5 K_6 K_7 q (F_{\text{пл}} - F_{\text{роб}}) (1 - \eta), \text{ г/с} \quad (1.3)$$

валовий викид

$$P_{\text{збер}} = 0,9504 \cdot 10^{-2} K_4 K_5 K_6 K_7 q F_{\text{пл}} (1 - \eta) (T - T_{\text{д}} - T_{\text{с}}), \text{ г/рік} \quad (1.4)$$

де K_6 – коефіцієнт, що враховує профіль поверхні матеріалу, що підлягає зберіганню, визначається як відношення $K_6 = F_{\text{макс}}/F_{\text{пл}}$;

$F_{\text{пл}}$ – поверхня пиловиділення в плані, м²;

$F_{\text{макс}}$ – фактична площа поверхні матеріалу, що зберігається при максимальному заповненні складу, м;

$F_{\text{роб}}$ – площа в плані, на якій систематично виконуються вантажно-розвантажувальні роботи (не рідше 1 разу на тиждень), м²;

q – максимальне питома здування пилу, г/(м • с);

T – сумарний час зберігання матеріалу за період, що розглядається, діб;

$T_{\text{д}}$ – кількість днів з дощем, днів;

$T_{\text{с}}$ – кількість днів зі стабільним сніговим покривом, днів.

Величина максимального питомого здування пилу визначається виразом [21]:

$$q = av^b \quad (1.5)$$

де a , b – емпіричні коефіцієнти, що залежать від типу матеріалу, що перевантажується (приймається за табл. 8 [21]).

1.4 Особливості організації моніторингу стану навколишнього природного середовища під час експлуатації полігонів ТПВ

Моніторинг стану навколишнього середовища в процесі експлуатації полігону організовується відповідно до «Правил експлуатації полігонів побутових відходів» [17, 18, 23, 24]. Як правило, проект полігону ТПВ передбачає:

- контроль газового складу атмосферного повітря на території працюючих карт, по периметру сміттєзвалища і в межах санітарно-захисної зони;

- моніторинг якості поверхневих і підземних вод в районі потенційного впливу сміттєзвалища.

Щоб вирішити перше завдання, необхідно проводити щоквартальні аналізи проб атмосферного повітря над відпрацьованими ділянками полігону і на кордоні санітарно-захисної зони на вміст сполук, що характеризують процес біохімічного розкладання твердих побутових відходів і становлять найбільшу небезпеку. Кількість показників, що підлягають визначенню та періодичність відбирання проб обґрунтовується в проекті виробничого контролю сміттєзвалищ та погоджується з контролюючими органами. Зазвичай, при аналізі проб атмосферного повітря визначають метан, сірководень, аміак, чадний газ, бензол, трихлорметан, чотирихлористий вуглець, хлорбензол [17, 18, 23, 24].

Для вирішення другої задачі за результатами гідрогеологічних досліджень встановлюють рівні і напрямки потоків підземних вод, відповідно до яких у проекті надаються рекомендації щодо розташування мережі пунктів спостереження свердловин і гідропостів на водотоках. Режимна мережа свердловин зазвичай проектується за радіальною схемою (від центру місця захоронення відходів) і включає:

- фоновий гідрогеологічний розріз – вище за течією підземних вод;
- 2-3 контрольні гідрогеологічні створи по найбільш ймовірних напрямках поширення забруднень з полігону по горизонтах підземних вод; кількість свердловин на контрольних створах встановлюється залежно від відстаней до місць ймовірного вивантаження потоків в локальні (місцеві) стоки, виходячи з середньої відстані між свердловинами 300–500 м [17–19].

За таким же принципом закладаються режимні вимірювальні станції на водотоках навколо полігону: фонові – вище зони впливу, контрольні – в припустимих місцях розвантаження (скидання) забруднених підземних вод та нижче за течією – до найближчих точок водоспоживання.

Гідрогеологічні режимні пункти являють собою скупчення свердловин, кожна з яких обладнана для спостереження за одним горизонтом підземних вод (грунтових вод, тріщино-грунтових тощо).

Закладання мережі спостережувальних станцій повинно бути проведено до будівництва основних споруд полігону, щоб до моменту введення в роботу пускового комплексу полігону вже були б накопичені дані спостережень за період не менше одного повного року. Ці дані характеризують фонові показники рівневого режиму та хімічного складу підземних вод в районі полігону до початку його експлуатації, і відносно них надалі будуть оцінюватись зміни цих показників в результаті функціонування полігону ТПВ [17–19].

У відборах проб підземних і поверхневих вод визначаються: вміст аміаку, нітритів, нітратів, гідрокарбонатів, кальцію, хлориди, залізо, сульфати, літій, ХСК, БСК, органічний вуглець, рН, магній, кадмій, хром, ціаніди, свинець, ртуть, миш'як, мідь, барій, сухий залишок. Також досліджуються зразки на гельмінтологічні та бактеріологічні показники [17–19].

1.5 Обґрунтування та вибір напрямку дослідження

В даний час, в ході воєнної агресії в Україні значно збільшилась кількість будівельного сміття. Реалізація численних державних програм, як у сфері міжнародного співробітництва України (таке, наприклад, будівництво нових та реконструкція існуючих житлових будинків, відновлення пошкоджених закладів освіти та споруд для проведення

спортивних змагань, будівництво великих промислових підприємств тощо), і спрямованих на забезпечення сталого розвитку різних регіонів країни (наприклад, програма з відновлення прифронтових областей) пов'язане зі значним зростанням темпів і об'ємів будівництва, а, отже, зі значним збільшенням об'ємів будівельних відходів.

У зарубіжній практиці поводження з будівельними відходами існує широкий спектр їх переробки, тобто використання в якості вторинної сировини при виробництві будівельних матеріалів. Однак в Україні такий підхід не знайшов широкого поширення, і будівельне сміття або розміщується на сміттєзвалищах, або відправляються на полігони для поховання. У той же час, у зв'язку з відсутністю спеціалізованих полігонів для будівельного сміття, останні підлягають захороненню на полігонах ТПВ або використовуються на цих об'єктах для формування проміжних ізоляційних шарів.

Відповідно до «Правил експлуатації полігонів побутових відходів», дотримання санітарно-епідеміологічних вимоги до організації моніторингу стану довкілля під час експлуатації полігонів ТПВ, контролю підлягає газовий склад атмосферного повітря (на території робочих карт, по периметру полігону та на межах санітарно-захисної зони) та якість поверхневих і підземних вод (у зоні потенційного впливу сміттєзвалища).

Однак очевидно, що виконання різних операцій на полігоні, пов'язаних з розміщенням будівельного сміття, таких як вивантаження з транспортних засобів, виштовхування на поверхню робочої карти, ущільнення тощо, буде супроводжуватися виділенням пилу.

З іншого боку, перераховані вище операції відносяться до категорії неорганізованих джерел викидів в атмосферне повітря, і об'єм викидів для них визначається згідно з діючих методик для даного типу джерел. Однак використовувані в цих методиках поправкові коефіцієнти віднесені до конкретних будівельних матеріалів (наприклад, цемент, мелений гіпс,

вапняно-піщана суміш тощо), тоді як будівельне сміття має багатокомпонентний склад, і пил, що утворюється при його розміщенні на полігоні, також, очевидно буде багатокомпонентним.

Все вищесказане визначило вибір напрямку наукового дослідження – вивчення функціонування полігону ТПВ при захороненні відходів будівництва як джерела пилового забруднення довкілля; обґрунтування та розробка заходів щодо його зниження в період експлуатації полігону.

1.6 Висновки до першого розділу

1. Аналіз особливостей функціонування полігонів ТПВ показав, що процеси заповнення робочої карти полігону ТПВ супроводжуються інтенсивними викидами пилу в атмосферу, що спостерігається під час вивантаження відходів на сміттєзвалище, під час експлуатації катків-ущільнювачів, під час роботи бульдозерів, що переміщують відходи з місця скидання до робочої карти та облаштування ізолюючих шарів із ґрунту або будівельного сміття тощо.

2. Застосування існуючих методик для визначення маси викидів пилу при вантажно-розвантажувальних роботах і статичному зберіганні пилоподібних матеріалів на відкритих складах, має складнощі в оцінюванні викидів пилу в період експлуатації полігонів ТПВ, з огляду на багатокомпонентний склад відходів, прийнятих на захоронення.

3. Аналіз чинної нормативної документації, яка визначає організацію системи моніторингу стану навколишнього природного середовища під час експлуатації полігонів ТПВ, показав, що при оцінці якості атмосферного повітря враховується забруднення тільки газоподібними речовинами, що виділяються в процесі біохімічного розкладання твердих побутових відходів, а пилове забруднення не береться до уваги.

4. За результатами аналізу літературних джерел визначено та обґрунтовано напрям дослідження.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НА СТАН ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА НЕОРГАНІЗОВАНИХ ДЖЕРЕЛ ВИКИДІВ ПИЛУ НА ПОЛІГОНАХ ТПВ

2.1 Характеристика об'єкта дослідження

Експериментальні дослідження для оцінки закономірностей поширення викидів пилу з неорганізованих джерел були проведені на полігоні «Дальницькі кар'єри», що розташований на території Овідіопольського та Біляївського районів Одеської області. Полігон використовується для захоронення твердих побутових та промислових відходів IV і V класів екологічної небезпеки.

У складі полігону організовано три зони: виробнича, допоміжна та господарча.

Виробнича зона: №1 - №23 – карти для захоронення твердих побутових відходів та промислових відходів IV і V класів небезпеки.

Допоміжна зона: кільцева дорога, канава для відведення дощової та талої води з прилеглої до полігону території; кільцеве обвалування.

Господарча зона: вагон з побутовими приміщеннями, КПП, майданчик для стоянки техніки, очисних споруд дощових стоків, дезінфекційний бар'єр, пожежний резервуар.

В'їзд на територію полігону здійснюється через пункт пропуску.

Основним об'єктом полігону є виробнича зона. Ділянка для зберігання твердих побутових відходів та промислових відходів розбита на 23 карти; з розмірами 100 м x 31,0 м – 6 карт; 100,25 м x 31,0 м – 12 карт; карти розміром 93,5 x 31,0 м – 5 карт. Відстань між картами – 10,0 м.

Середня глибина залягання карт (рисунок 2.1) береться за станом існуючого рельєфу місцевості та рівнем залягання ґрунтових вод (від дна шару відходів до РЗГВ прийнято не менше 2,0 м). Схили карт на довгих сторонах прийняті 1:1, по коротких – 1:3 і 1:4. Схил дна карт направлений в сторону напрямків для збору фільтрату.



Рис. 2.1 – Загальний вигляд робочої карти полігону

На полігон приймаються промислові (будівельні) відходи компаній України, що ведуть будівництво на території Одеської області та ТПВ від осіб, які працюють на будівництві.

Тверді побутові відходи вивантажуються зі сміттєвоза на майданчику перед робочою картою і машина їде. Бульдозер виштовхує відходи в карту, пересуває їх на ділянку робочої карти, виділену на дану добу, а потім ущільнює тверді побутові відходи (рисунок 2.2).



Рис. 2.2 – Штовхання відходів бульдозером

Таким чином, заповнюється вся робоча карта ущільненим шаром не більше 0,5 м і починає формуватися другий, третій і четвертий шари, доки не сформується ущільнений шар висотою 2 м.

Об'єм твердих побутових відходів (неущільнених), прийнятих робочою картою за робочий день становить 49,4 м³/добу. Сміттєвозу для розвантаження потрібна площа від 50 м². Для прийому відходів в межах однієї зміни передбачена ділянка з розміром в плані 6,2х7,86 м.

Густина ТПВ, що потрапляють на полігон, становить 200 кг/м³. Ущільнення здійснюється проходом бульдозера в 2–4 рази на одному місці. Під час 4-разового проходу бульдозера, густина ТПВ складає 670–800 кг/м³.

Протягом доби ущільнені ТПВ надходять на полігон

$$49,4 \text{ м}^3/\text{доб.} : 3,7 = 13,35 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Висота ущільненого шару ТПВ на карті не повинна перевищувати 2 м.

Після формування двометрового шару з ТПВ проводиться засипка і ущільнення проміжного ізоляційного шару товщиною 0,25 м. Проміжний ізоляційний шар формується з промислових відходи IV і V класів небезпеки, що отримані при будівництві, які також розвантажуються на майданчику поруч з робочою картою і залишаються там до тих пір, поки не знадобиться формування ізоляційного шару.

У зв'язку з недостатньою кількістю промислових відходів IV і V класів небезпеки проміжний ізоляційний шар також формується з ґрунту, отриманого в ході облаштування карт і зберігається поруч з робочою картою для подальшого його використання під час ізоляції ТПВ (рисунок 2.3).

Потім знову формується ущільнений шар ТПВ і вздовж нього остаточний герметичний шар ізоляції 1,0 м. Ґрунт для ізоляції береться з наступної карти після зняття рослинного шару. Зсування, ущільнення та рівномірний розподіл по поверхні ТПВ ізоляційного шару забезпечується все тим же бульдозером.



Рис. 2.3 – Загальний вигляд робочої карти після формування проміжного ізоляційного шару

Об'єм твердих побутових відходів, прийнятих на полігоні (неущільнених):

- протягом доби $12500,0 : 253 = 49,4 \text{ м}^3$ (9,88 т);
- протягом місяця $12500,0 : 12 = 1041,7 \text{ м}^3$ (208,34 т);
- протягом року $500000,0 : 40 = 12500,0 \text{ м}^3$ (2500 т).

Загальний об'єм суглинків, промислових (будівельних) відходів IV і V класів небезпеки, необхідних для ізоляції шарів ТПВ (неущільнених):

- протягом доби $49,4 \times 0,37 = 18,3 \text{ м}^3$;
- протягом місяця $1041,7 \times 0,37 = 385,4 \text{ м}^3$;
- протягом року $12500,0 \times 0,37 = 4625,0 \text{ м}^3$.

Майданчик вивантаження перед робочою картою розділяється на дві частини. На одій частині проходить розвантаження, на іншій працює бульдозер. Перед формуванням проміжного ізоляційного шару будівельне сміття, що

використовується для цієї мети, подрібнюється за допомогою дробарки (рисунок 2.4).



Рис. 2.4 – Загальний вигляд дробарки для подрібнення будівельних відходів

2.2 Аналіз процесів поширення пилу в повітряному середовищі на території полігону ТПВ

Розглянемо особливості процесів відділення пилу від неорганізованих джерел полігону ТПВ, використовуючи імовірнісно-стохастичний підхід.

Як показав аналіз, основними джерелами пилу на таких об'єктах є розвантажувальні і навантажувальні процеси, а також відкрите зберігання подрібненого будівельного сміття і ґрунту, необхідних для формування проміжного ізоляційного шару.

Для постановки задачі при розгляді процесів перенесення пилу використаємо дві підмоделі:

- рух паралельно напрямку матеріалу, що зберігається, та вітру руху повітря навколо стаціонарного джерела;
- перпендикулярно напрямку матеріалу, що зберігається, та вітру руху повітря навколо стаціонарного джерела.

Винесення частинок пилу з поверхні матеріалу, що зберігається, проходить під впливом повітряних потоків після настання рівноваги сил, що діють на частинку і утримують її. З переважанням сил першої групи проходить відривання частинки від поверхні матеріалу, що зберігається [26].

Експериментально встановлено, що для частинок з розмірами 50–100 мкм і більше, критична швидкість потоку зменшується зі зменшенням розміру, в той час як для більш дрібних частинок спостерігається збільшення критичної швидкості зі зменшенням розмірів [25].

Частинки пилу відриваються від поверхні шару і рухаються вгору при відносно низькій швидкості потоку. При цьому шар ущільнюється потоком, утворюються обтічні профілі, винесення частинок пилу призупиняється. Відновлення процесу винесення можливе вже зі значно вищими значеннями швидкості. Після цього процес повторюється в такій же послідовності. При дуже високих швидкостях повітря з поверхні матеріалу виносяться цілі агрегати частинок, в результаті поверхня стає більш нерівною, що, в свою чергу, полегшує процес подальшого виривання агрегатів [25, 26].

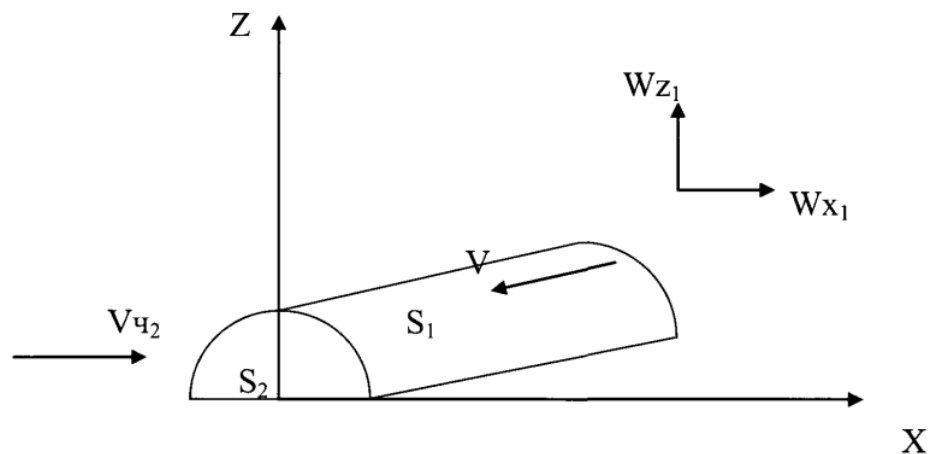


Рис. 2.5 – Схема процесу відривання частинок пилу під впливом повітряних потоків в їх перпендикулярному та паралельному напрямках

При відкритому зберіганні матеріали піддаються впливу метеорологічних факторів, тому через деякий час інтенсивність виносу пилу з поверхні зменшується і починається процес стабілізації.

Таким чином, при аналізі процесів поширення пилу у розглянутому випадку можна виділити:

- максимальне значення викиду (якщо вплив зовнішніх сил переважає над силами, що утримують частинки пилу на поверхні);
- мінімальне значення викиду (у випадку, протилежному попередньому);
- середнє значення викиду (основна маса пилу винесена з поверхні і починається період стабілізації процесу винесення пилових частинок).

Вивантаження відходів, доставлених на полігони, здійснюється перекидання кузова сміттєвоза і висипанням на майданчик з твердим покриттям. При цьому концентрація і фракційний склад утворюваного пилу буде залежати від декількох факторів. До них треба віднести: висоту падіння відходів; їх швидкість на момент контакту з твердою поверхнею; кількість, густина, вологість, механічна міцність шматків; параметри потоку відходів в місці удару об поверхню.

Висота падіння відходів з автотранспорту може становити від 1,5 до 2,0 м.

Розділимо процес пилоутворення при вивантаженні відходів на чотири етапи (рисунок 2.6). По-перше, відбувається взаємодія повітряного потоку з потоком відходів, що висипаються. В результаті цього пил розповсюджується в різні боки. Потім потік відходів взаємодіє з поверхнею ділянки. Пил, що виділяється під час удару, розповсюджується віяловим потоком на деяку відстань, і змінює напрямок свого руху (по вертикалі вгору). Далі відбувається взаємодія з конусом (купою) вже вивантажених відходів і викид частинок пилу з конуса. На цих двох стадіях всередині конуса створюється підвищений тиск (за рахунок нагнітання в конус викинутого повітря). Під дією тиску з конуса виділяється повітря і виносить з собою частинки пилу.

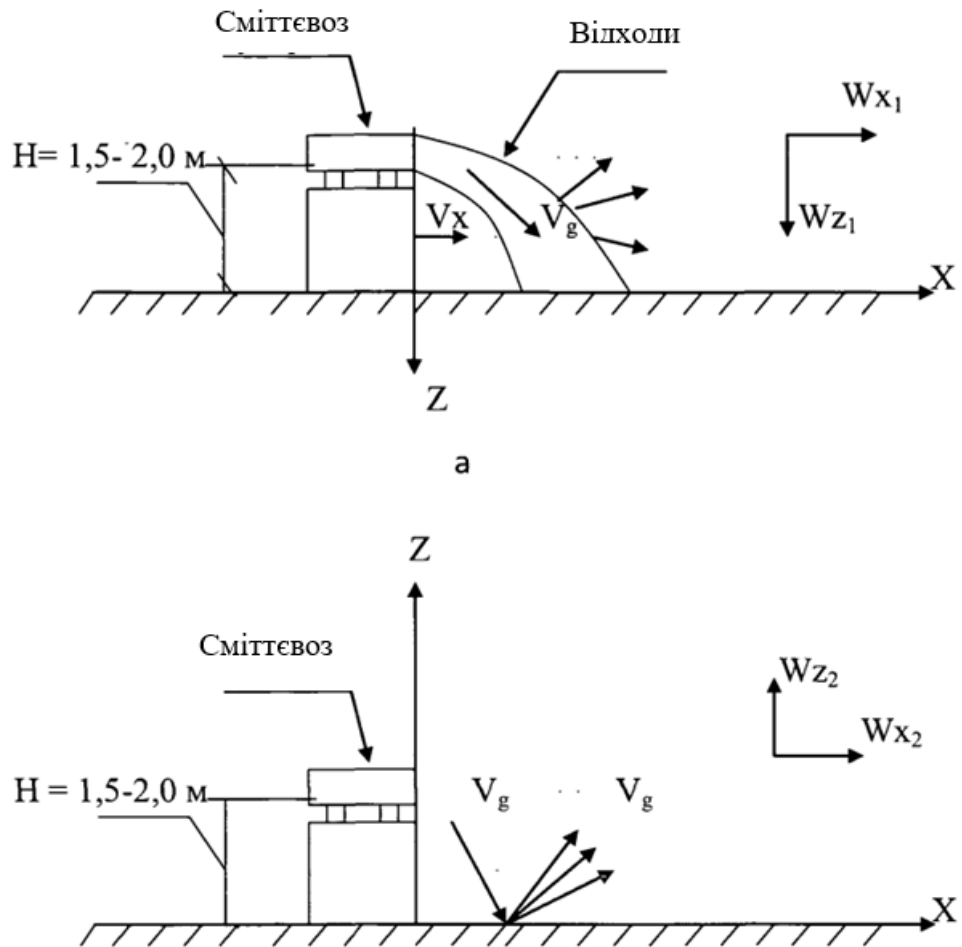


Рис. 2.6 – Схеми процесів виділення пилу при вивантаженні відходів

Рух центру мас твердих тіл описується диференціальним рівнянням

$$\sum_{i=1}^3 \vec{F} = (1 - \xi) m_{\text{п}} d\vec{W}/dt \quad (2.1)$$

де $\sum F$ – сума векторів сил, що діють на частинку пилу розміром $d_{\text{п}}$;

ξ – коефіцієнт приєднаної маси для розгляду результуючої аеродинамічної сили залежно від прискорення частинок;

$m_{\text{п}}$ – маса частинок пилу з розміром $d_{\text{п}}$;

W – вектор абсолютної швидкості частинок пилу.

При обтіканні повітряним потоком частинки у формі кулі, не беручи до уваги знижуваність середовища, можна записати

$$\xi = 0,5 \rho_{\text{г}} / \rho_{\text{п}}$$

де ρ_g , ρ_p – густина частинок газу і пилу відповідно.

Очевидно, що в розглянутому випадку значенням ζ можна знехтувати.

2.3 Дослідження закономірностей поширення пилу в атмосферному повітрі під час розвантаження будівельних відходів зі сміттєвоза

2.3.1 Методика проведення експериментів

При проведенні експериментальних досліджень з оцінки закономірностей поширення в атмосферному повітрі частинок пилу, що утворюються під час вивантаження будівельного сміття, оцінювалась зона поширення «хмари» пилу, щільність осідання пилу та запиленість повітряного середовища.

Експериментальні вимірювання проводилися з використанням стандартних методів [27–33].

Для вимірювання швидкості вітру використовувався цифровий анемометр Venetech GM8902X (розроблений і виготовлений Shenzhen Jumaoyuan Science And Technology Co., Китай) з діапазоном вимірювання швидкості повітряного потоку від 0,1 до 45 м/с. Напрямок вітру визначався за допомогою флюгера. При цьому був вивчений випадок, коли напрямок вітру був перпендикулярно кузову сміттєвоза, що розвантажувався. Для визначення зони поширення «хмари пилу», що утворюються під час вивантаження будівельного сміття з самоскида, використовувалися лазерні далекоміри, схема розташування яких наведена на рисунку 2.7. Крім того, відстань, на яку поширювались частинки пилу, фіксувалась візуально. Також візуально за допомогою лазерної рейки фіксувалась висота викиду частинок.

В якості визначальних факторів були обрані наступні фактори [34–36]:

V_B – відносна швидкість вітру (фактична швидкість вітру, віднесена до 1 м/с);

τ – час віддалення частинок пилу з місця вивантаження будівельних відходів із самоскида, віднесений до 1 с.

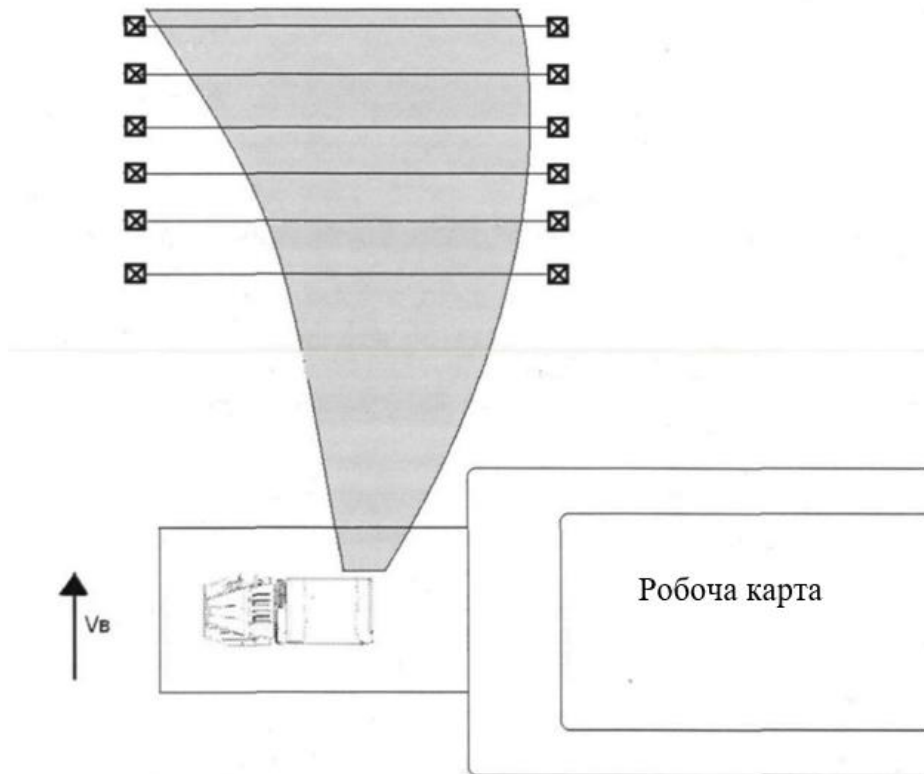


Рис. 2.7 – Схема експериментальної оцінки району поширення «хмари пилу» в атмосфері при вивантаженні будівельного сміття з самоскиду на ділянці перед робочою картою

Прийнятий вид визначальних факторів [35]

$$X_1 = \frac{\bar{v}_B - \bar{v}_{B_0}}{\Delta \bar{v}_B}, \quad X_2 = \frac{\bar{\tau} - \bar{\tau}_0}{\Delta \tau}$$

де V_{B_0} – центральні значення прийнятих визначальних факторів (табл. 2.1);

ΔV_{B_0} , $\Delta \tau$ – інтервали зміни значень визначальних факторів (табл. 2.1).

Функції відгуку: H – висота викиду частинок пилу, м; L – максимальна відстань від майданчика для вивантаження будівельних відходів із самоскиду, на яку частинки відлітають за період часу τ .

В ході експериментальних досліджень було реалізовано трирівневий план, який є повно факторним експериментом 3^2 в якому реалізуються всі можливі комбінації з 2 факторів на трьох рівнях (табл. 2.2) [34].

Таблиця 2.1 – Значення визначальних факторів при вивченні зони поширення «хмари пилу»

Визначальні фактори	Інтервали варіації факторів	Рівні факторів		
		-1 (нижній)	0 (основний)	+1 (верхній)
V_B – відносна швидкість вітру	4,5	0,5	5,0	9,5
τ – відносний час віддалення частинок пилу від ділянки розвантаження будівельних відходів із самоскида	60	30	90	150

Таблиця 2.2 – Повно факторний експеримент 3^2

№ досліджу	X_1	X_2	№ досліджу	X_1	X_2
1	0	0	6	-1	+1
2	+1	0	7	0	-1
3	-1	0	8	+1	-1
4	0	+1	9	-1	-1
5	+1	+1			

Отримані результати апроксимувались поліномами другого степеня виду [13]

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 \quad (2.2)$$

Оцінка відтворюваності отриманих результатів, адекватності рівнянь регресії та значимість їх коефіцієнтів були проведені відповідно до відомих методів [35].

Для оцінки щільності осадження пилу використовувався метод, описаний в [37–39].

Для цієї мети використовувалися пастки з листового заліза, тарілчастої форми (діаметр 120 мм, площа поверхні 0,0113 м²). Пастки для пилу піддавали особливій підготовці: промивання водою; протирання етиловим спиртом-ректифікатом; висушування в чистому приміщенні; нанесення фіксуючого шару (трансформаторна олія); зважування.

Для проведення досліджень пастки розмістили навколо майданчика для вивантаження відходів. Проміжок між ними по радіусу був 5 м. Інтервал між пиловловлюючими пастками вибирався залежно від відстані від місця вивантаження і склав: на відстані до 5 м – 1 м; на відстань 5-20 м – 2,5 м; більше 20 м – 5 м. Як приклад на рисунку 2.8 показаний один з варіантів розташування тарілочок біля майданчика для скидання відходів.

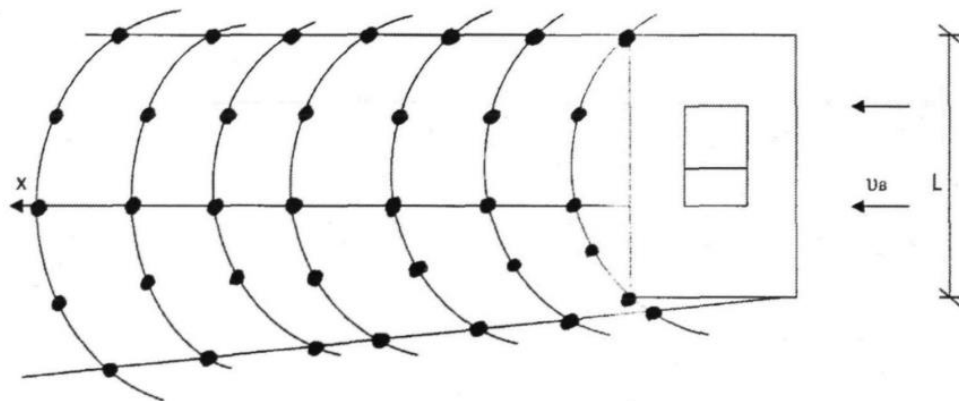


Рис. 2.8 – Схема розташування пасток для пилу поруч з ділянкою скидання відходів

Для оцінки щільності осадження пилу визначали масу осілого на пастку пилу ΔG як результат зважування пасток до і після експерименту. Потім значення ΔG , для кожної тарілочки, було віднесено до її площі та часового інтервалу τ_p після закінчення розвантаження самоскида.

Для вимірювання запиленості атмосферного повітря застосовувався стандартний комплект обладнання - електричний аспіратор АВА, комплект гумових шлангів, фільтри АФА-ВП-20, електронні ваги для зважування фільтрів.

2.3.2 Результати експериментальних досліджень

Результати експериментальних досліджень з оцінки зони поширення «хмари» пилю, що утворюється при розвантаженні будівельних відходів наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати експериментальних досліджень з оцінки зони поширення «хмари» пилю, що утворилася під час розвантаження будівельних відходів

Швидкість вітру, м/с	Час віддалення пилових частинок від майданчика розвантаження, с	Максимальне віддалення пилових частинок від майданчика розвантаження, м
0-1	30	4
	90	10
	150	21
4-6	30	19
	90	36
	150	>50
9-10	30	26
	90	>50
	150	>50

На рисунку 2.9 показані графічні залежності виду $L = f(V_B, \tau)$.

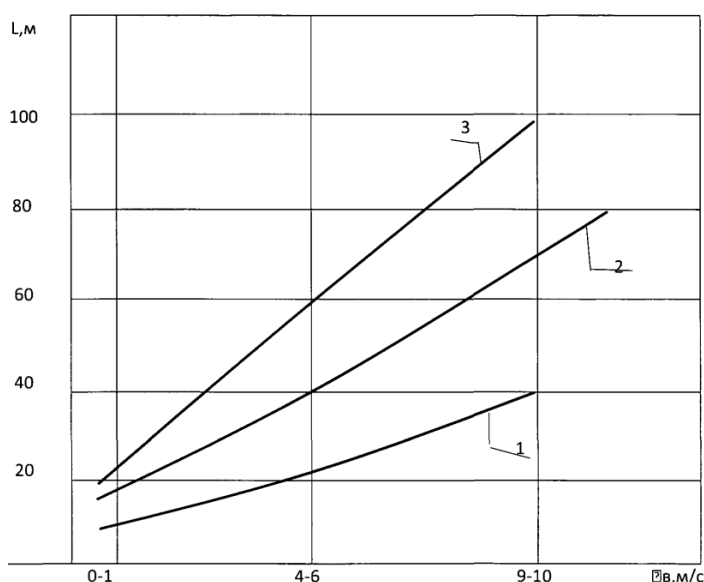


Рис. 2.9 – Зміна максимальної відстані віддалення частинок від майданчика для вивантаження будівельних відходів при зміні швидкості вітру:

1 – через 30 с; 2 – через 90 с; 3 – через 150 с.

Отримане рівняння регресії має вигляд

$$L = -3,635 + 0,15V_B + 0,008 \tau + 0,009V_B^2 + 0,0006\tau^2 + 0,04V_B \tau \quad (2.3)$$

або

$$L = 0,009(V_B + 8,36)^2 + 0,006(\tau + 7,08)^2 + 0,04V_B\tau - 4,285 \quad (2.4)$$

На рисунку 2.10 показана графічна залежність $H = f(V_B)$, що характеризує висоту викиду частинок пилу при розвантаженні будівельних відходів при зміні швидкості вітру, яка апроксимується виразом виду

$$H = 5,2965 + 1,05 V_B + 0,042 V_B^2 \quad (2.5)$$

або

$$H = 0,042(V_B + 2,5) + 5,034 \quad (2.6)$$

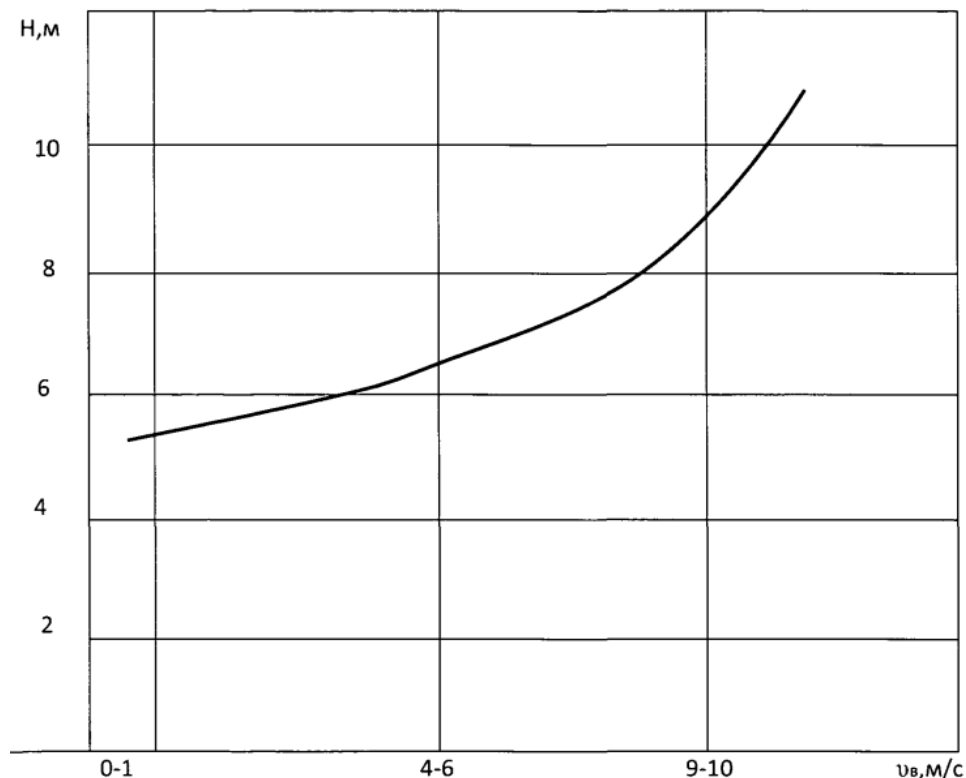


Рис. 2.10 – Зміна висоти викиду частинок пилу зі зміною швидкості вітру при вивантаженні будівельних відходів зі самоскида

На рисунках 2.11–2.13 показана зміна щільності осідання пилу залежно від віддаленості від ділянки x (x – відстань від ділянки, відраховується від її краю (рисунок 2.8) і віднесена до її ширини) і швидкість вітру V_B . Отримані експериментальні залежності апроксимуються виразами, які мають вигляд:

– при швидкості вітру $0,1 \leq V_B < 1$

$$G_0 = 182,46 V_B^{-0,5} \exp(-0,346x) \quad (2.7)$$

– при швидкості вітру $1 \leq V_B < 5$

$$G_0 = 346,18 V_B^{0,3} \exp(-0,219x) \quad (2.8)$$

– при швидкості вітру $5 \leq V_B < 10$

$$G_0 = 354,18 V_B^{0,25} \exp(-0,106x) \quad (2.9)$$

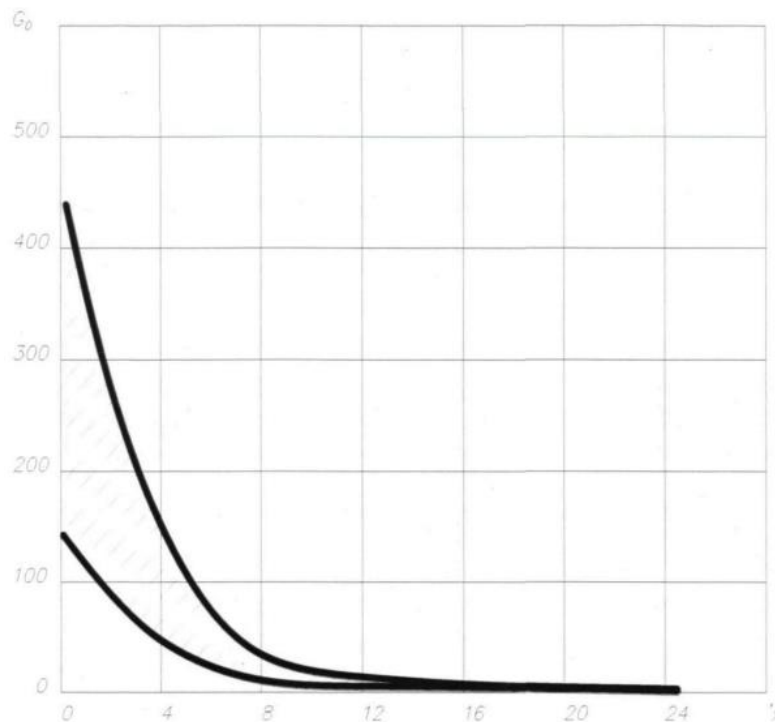


Рис. 2.11 – Зміна щільності осідання пилу на різній відстані від місця вивантаження відходів при швидкості вітру

$$0,1 \leq V_B < 1 \text{ м/с}$$

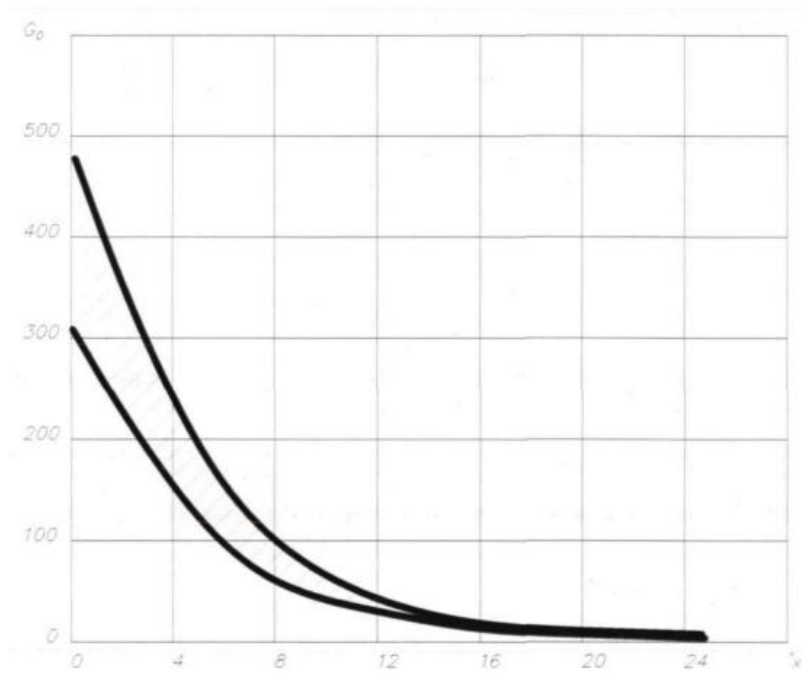


Рис. 2.12 – Зміна щільності осідання пилу на різній відстані від місця вивантаження відходів при швидкості вітру $1 \leq V_B < 5 \text{ м/с}$

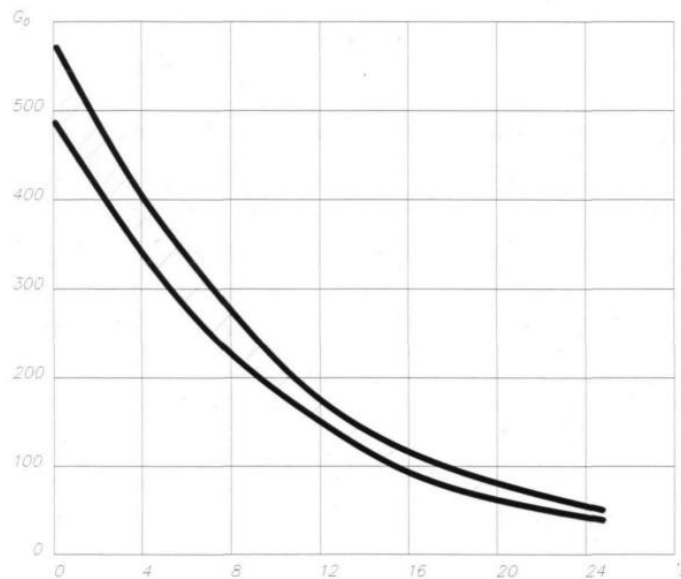


Рис. 2.13 – Зміна щільності осідання пилу на різній відстані від місця вивантаження відходів при швидкості вітру $5 \leq V_B < 10 \text{ м/с}$

Отримані дані свідчать про те, що значення G_0 із віддаленням від місця скидання відходів зменшується в геометричній прогресії, а діапазон зміни щільності осідання пилу зменшується зі збільшенням швидкості вітру.

На рисунку 2.14 показані усереднені значення концентрації пилу в атмосферному повітрі C_0 , які відмічаються в момент вивантаження будівельних відходів зі самоскида на різній відстані від ділянки розвантаження при різних швидкостях вітру.

Отримані дані описуються залежностями:

- при швидкості вітру $0,1 \leq V_B < 1$ м/с

$$C_0 = 246,48 \exp(-0,206x) \quad (2.10)$$

- при швидкості вітру $1 \leq V_B < 5$ м/с

$$C_0 = 253,96 \exp(-0,118x) \quad (2.11)$$

- при швидкості вітру $5 \leq V_B < 10$ м/с

$$C_0 = 250,74 \exp(-0,09x) \quad (2.12)$$

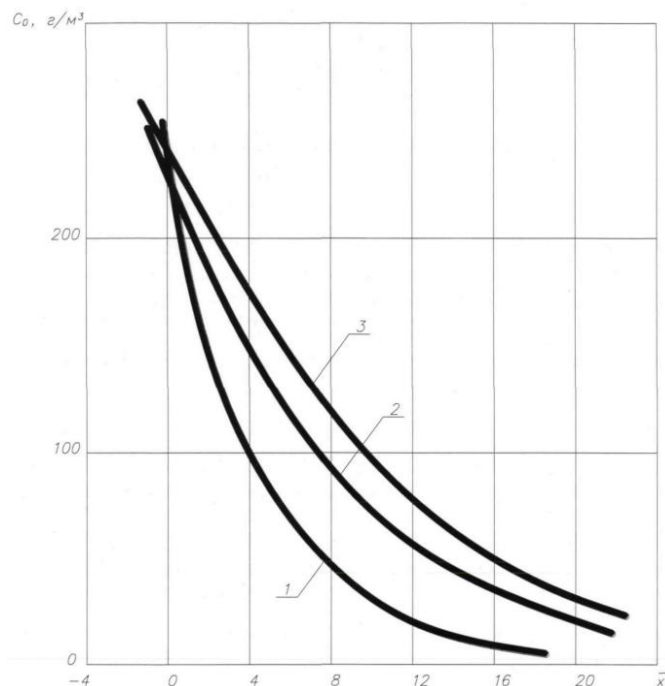


Рис. 2.14 – Усереднені значення концентрації пилу в атмосферному повітрі в момент вивантаження будівельних відходів зі самоскида на різних відстанях від місця розвантаження при швидкості вітру:

1 – $0,1 \leq V_B < 1$ м/с; 2 – $1 \leq V_B < 5$ м/с; 3 – $5 \leq V_B < 10$ м/с

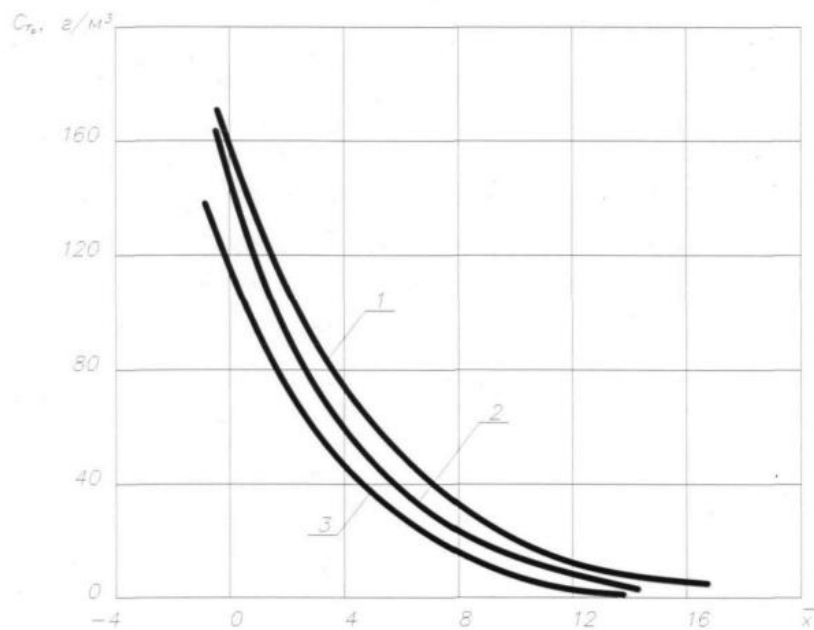


Рис. 2.15 – Усереднені значення концентрації пилу в атмосферному повітрі після закінчення вивантаження будівельних відходів зі самоскида на різній відстані від місця розвантаження при швидкості вітру $0,1 \leq V_B < 1$ м/с через:

1 – 5 хв; 2 – 10 хв; 3 – 15 хв

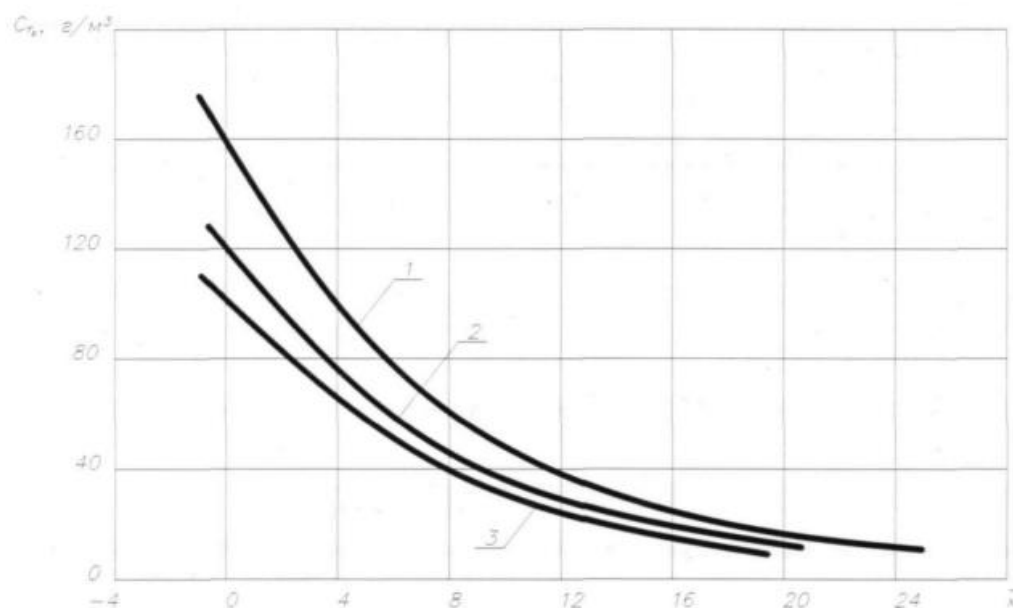


Рис. 2.16 – Усереднені значення концентрації пилу в атмосферному повітрі після закінчення вивантаження будівельних відходів зі самоскида на різній відстані від місця розвантаження при швидкості вітру $1 \leq V_B < 5$ м/с через:

1 – 5 хв; 2 – 10 хв; 3 – 15 хв

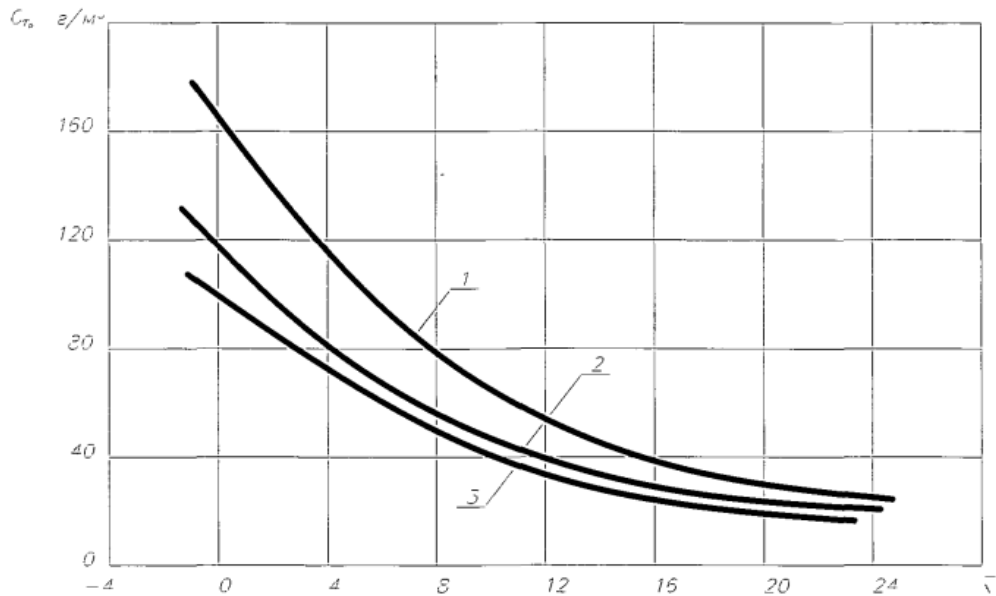


Рис. 2.17 – Усереднені значення концентрації пилу в атмосферному повітрі після закінчення вивантаження будівельних відходів зі самоскида на різній відстані від місця розвантаження при швидкості вітру $5 \leq V_B < 10$ м/с через:

1 – 5 хв; 2 – 10 хв; 3 – 15 хв

Отримані дані свідчать, що зміна концентрації пилу в атмосферному повітрі на різній відстані від місця вивантаження також відбувається за експоненціальним законом.

На рисунках 2.15–2.17 показані графічні залежності, що характеризують зміни концентрації пилу в атмосферному повітрі через різні проміжки часу τ_p після завершення розвантаження будівельних відходів зі самоскида. При $\tau_p < 5$ хв $C_{\text{тв}} = C_0 \tau_p^{-0,25}$, при $\tau_p > 5$ хв $C_{\text{тв}} = C_0 \tau_p^{-0,33}$.

2.4 Оцінка вмісту пилу в атмосферному повітрі при роботі бульдозера на робочій карті полігону

Експериментальна оцінка запиленості атмосферного повітря при експлуатації бульдозера на робочій карті полігону проводилася на таких технологічних операціях:

- ущільнення твердих побутових відходів;
- формування ізоляційного шару з подрібненого в дробарці будівельного сміття;
- формування ізоляційного шару з ґрунту.

Для визначення концентрації пилу використовувався електроаспіратор АВА. Точки вимірювання розташовувалися в наступних зонах (рисунок 2.18):

- зона 1 – перед відвалом бульдозера;
- зона 2 – з боку відвалу бульдозера;
- зона 3 – за бульдозером.

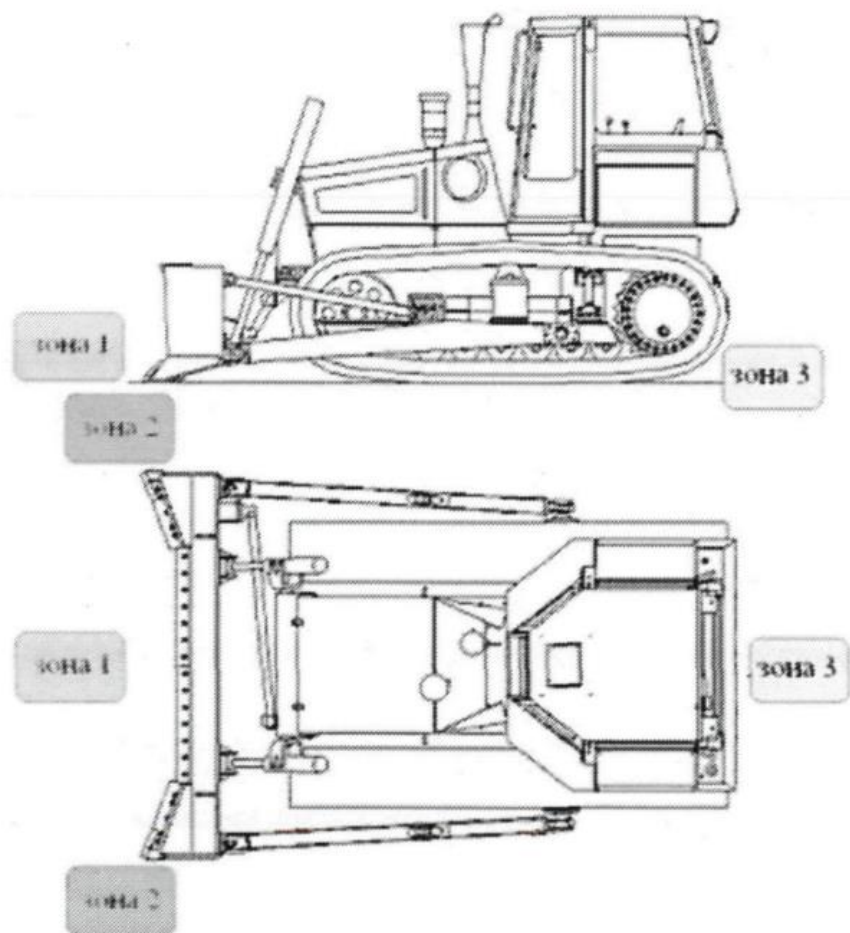


Рис. 2.18 – Розташування зон дослідження запиленості атмосферного повітря

Деякі з отриманих результатів наведені в таблицях 2.4 – 2.6.

Таблиця 2.4 – Результати вимірювання концентрації пилу в атмосферному повітря при ущільненні відходів

№ проби	Зона відбирання проб	Маса фільтру, г		Концентрація, мг/м ³
		до заміру	після заміру	
1	2	3	4	5
2	за бульдозером (зона 3)	0,3446	0,3433	8,6
5		0,3515	0,3531	8,4
6		0,3502	0,3520	9,02
8		0,3473	0,3491	8,94
12		0,3525	0,3542	8,67
13		0,3460	0,3478	9,04
19		0,3510	0,3528	9,12
23		0,3484	0,3503	9,0
29		0,3500	0,3518	9,13
30		0,3490	0,3508	9,04

Таблиця 2.5 – Результати вимірювання концентрації пилу при формуванні ізоляційного шару із подрібнених будівельних відходів

№ проби	Зона відбирання проб	Маса фільтру, г		Концентрація, мг/м ³
		до заміру	після заміру	
1	2	3	4	5
31	перед відвалом бульдозера (зона 1)	0,3514	0,3545	15,45
35		0,3500	0,3527	13,28
36		0,3526	0,3555	14,56
40		0,3514	0,3544	14,84
45		0,3520	0,3550	15,06
48		0,3508	0,3538	14,88
53		0,3526	0,3556	15,20

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4	5
54	перед відвалом бульдозера (зона 1)	0,3512	0,3548	14,78
57		0,3508	0,3538	14,92
58		0,3519	0,3548	14,68
62	з боку відвалу бульдозера (зона 2)	0,3600	0,3623	11,4
63		0,3612	0,3638	12,8
67		0,3604	0,3625	10,56
70		0,3596	0,3521	12,64
74		0,3602	0,3625	11,58
76		0,3622	0,3646	11,96
79		0,3598	0,3622	12,24
83		0,3597	0,3621	11,92
85		0,3610	0,3634	12,0
88		0,3615	0,3640	12,38
91		за бульдозером (зона 3)	0,3445	0,3466
96	0,3443		0,3456	11,48
98	0,3426		0,3450	11,25
100	0,3486		0,3458	10,94
106	0,3462		0,3485	11,36
109	0,3476		0,3497	10,68
111	0,3482		0,3473	10,54
115	0,3462		0,3485	11,38
118	0,3448		0,3471	11,44
120	0,3442		0,3460	10,85

Таблиця 2.6 – Результати вимірювання концентрації пилу в атмосферному повітря при формуванні ізоляційного шару з ґрунту

№ проби	Зона відбирання проб	Маса фільтру, г		Концентрація, мг/м ³
		до заміру	після заміру	
1	2	3	4	5
123	перед відвалом бульдозера (зона 1)	0,3618	0,3648	15,16
127		0,3623	0,3653	14,85
131		0,3609	0,3640	15,26
134		0,3644	0,3675	15,48
135		0,3635	0,3667	16,06
138		0,3610	0,3641	15,27
140		0,3626	0,3655	14,68
144		0,3624	0,3655	15,56
146		0,3618	0,3650	15,76
150		0,3637	0,3670	16,0
151		з боку відвалу бульдозера (зона 2)	0,3415	0,3442
156	0,3448		0,3473	13,57
158	0,3456		0,3483	13,44
162	0,3428		0,3455	13,69
164	0,3437		0,3464	13,28
167	0,3442		0,3470	13,96
170	0,3460		0,3488	14,00
174	0,3451		0,3479	13,78
178	0,3438		0,3465	13,45
179	0,3426	0,3452	13,18	
185	за бульдозером (зона 3)	0,3546	0,3571	12,48
188		0,3528	0,3552	11,96
190		0,3539	0,3504	12,25
194		0,3554	0,3579	12,64

1	2	3	4	5
197	за бульдозером	0,3568	0,3591	11,58
198	(зона 3)	0,3524	0,3551	13,42
200		0,3574	0,3597	11,46
203		0,3554	0,3578	11,98
206		0,3522	0,3548	11,38
209		0,3512	0,3536	12,04

Отримані результати свідчать про те, що найвища запиленість повітря, особливо в зоні перед відвалом бульдозера, відзначається в період формування ізоляційного шару з ґрунту.

2.5 Дослідження процесів розповсюдження частинок пилу при зберіганні подрібнених будівельних відходів і ґрунту

До джерел неорганізованих викидів пилу на сміттєзвалищах ТПВ відноситься відкрите зберігання подрібнених в дробарці будівельних відходів і ґрунту, призначених для формування проміжних ізоляційних шарів.

Проведені експериментальні дослідження з вивчення закономірності процесів поширення пилу з цих джерел здійснювалася з використанням методів, описаних в п. 2.3.1.

Результати, що характеризують щільність осідання пилу, що виділяється з нисипу подрібнених будівельних відходів і ґрунту, наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Результати експериментального визначення щільності осідання пилу при відкритому зберіганні ґрунту і подрібнених будівельних відходів

Швидкість вітру, м/с	Відносна відстань від джерела x	Щільність осідання пилу G , г/(м ² · год)
1	2	3
$0,1 \leq V_B < 1$	0	12,36
	2	9,14
	4	7,25
	6	5,34
	8	4,26
	10	3,06
	12	2,24
	14	1,65
	16	1,23
$1 \leq V_B < 5$	0	49,0
	2	41,4
	4	35,38
	6	29,6
	8	24,4
	10	20,76
	12	18,36
	16	13,45
	18	10,86
	20	9,65
	22	8,56
	24	6,87
$5 \leq V_B < 10$	0	112,3
	2	98,7
	4	86,5
	6	75,4
	8	66,58

1	2	3
$5 \leq V_B < 10$	10	58,27
	12	50,47
	14	45,4
	16	39,35
	18	34,2
	20	20,8
	22	26,2
	24	23,14

Графічна інтерпретація наведених в таблиці 2.7 даних показана на рисунку 2.19.

Рівняння регресії в цьому випадку мають вигляд:

– при швидкості вітру $0,1 \leq V_B < 1$

$$G_0 = 12,22 \exp(-0,138x) \quad (2.13)$$

– при швидкості вітру $1 \leq V_B < 5$

$$G_0 = 48,48 \exp(-0,138x) \quad (2.14)$$

– при швидкості вітру $5 \leq V_B < 10$

$$G_0 = 112,51 \exp(-0,138x) \quad (2.15)$$

де x – відстань від джерела, віднесена до довжини ділянки зберігання.

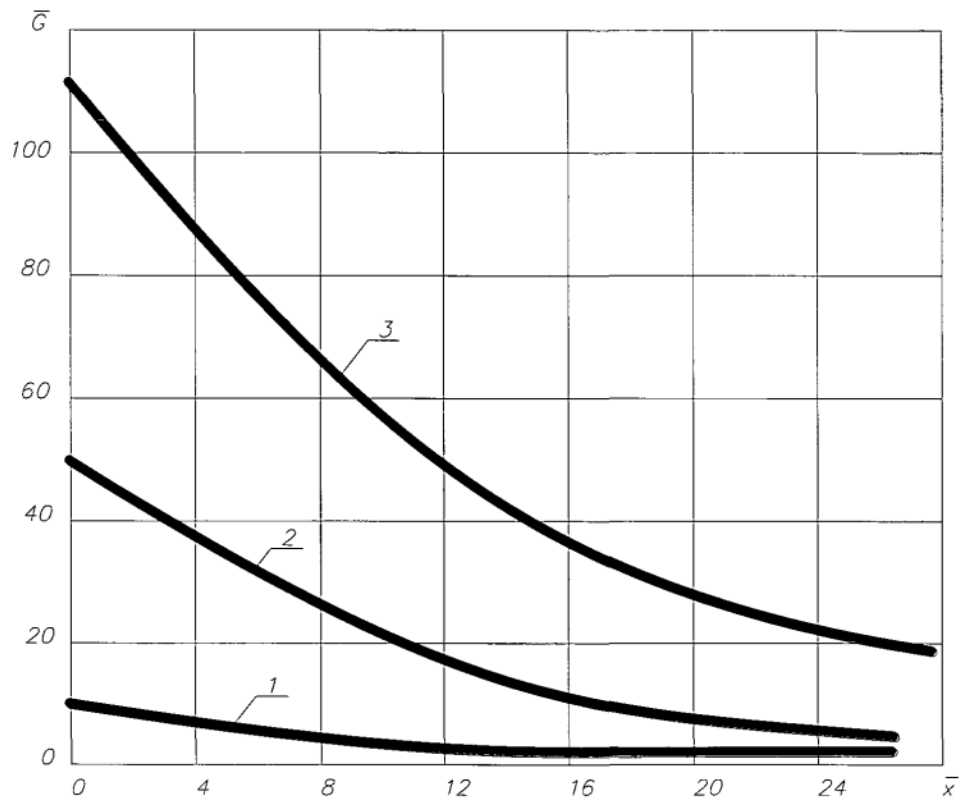


Рис. 2.19 – Зміна щільності осідання пилу при відкритому зберіганні подрібнених будівельних відходів та ґрунту при швидкості вітру:
 1 – $0,1 \leq V_B < 1$ м/с; 2 – $1 \leq V_B < 5$ м/с; 3 – $5 \leq V_B < 10$ м/с

Експериментальні дані для оцінки зміни запиленості атмосферного повітря наведені в таблиці 2.8 і на рисунку 2.20.

Отримані залежності описуються наступними виразами:

- при швидкості вітру $0,1 \leq V_B < 1$ м/с

$$C = 38,54 \exp(-0,054x) \quad (2.16)$$

- при швидкості вітру $1 \leq V_B < 5$ м/с

$$C = 72,98 \exp(-0,114x) \quad (2.17)$$

- при швидкості вітру $5 \leq V_B < 10$ м/с

$$C = 196,15 \exp(-0,134x) \quad (2.18)$$

Таблиця 2.8 – Результати експериментального визначення концентрації пилу при відкритому зберіганні ґрунту та подрібнених будівельних відходів

Швидкість вітру, м/с	Відносна відстань від джерела x	Щільність осідання пилу G , г/(м ² · год)
1	2	3
$0,1 \leq V_B < 1$	0	38,6
	2	34,3
	4	31,2
	6	27,66
	8	25,0
	10	22,57
	12	20,26
	14	18,19
	16	15,76
	18	14,35
	20	13,3
	22	11,35
$1 \leq V_B < 5$	24	10,7
	0	
	2	73,2
	4	57,6
	6	46,4
	8	36,94
	10	29,4
	12	22,9
	14	13,8
	16	14,7
18	11,62	

Продовження табл. 2.8

1	2	3
$1 \leq V_B < 5$	20	9,5
	22	7,16
	24	5,8
$5 \leq V_B < 10$	0	112,3
	2	98,7
	4	86,5
	6	75,4
	8	66,58
	10	58,27
	12	50,47
	14	45,4
	16	39,35
	18	34,2
	20	20,8
	22	26,2
24	23,14	

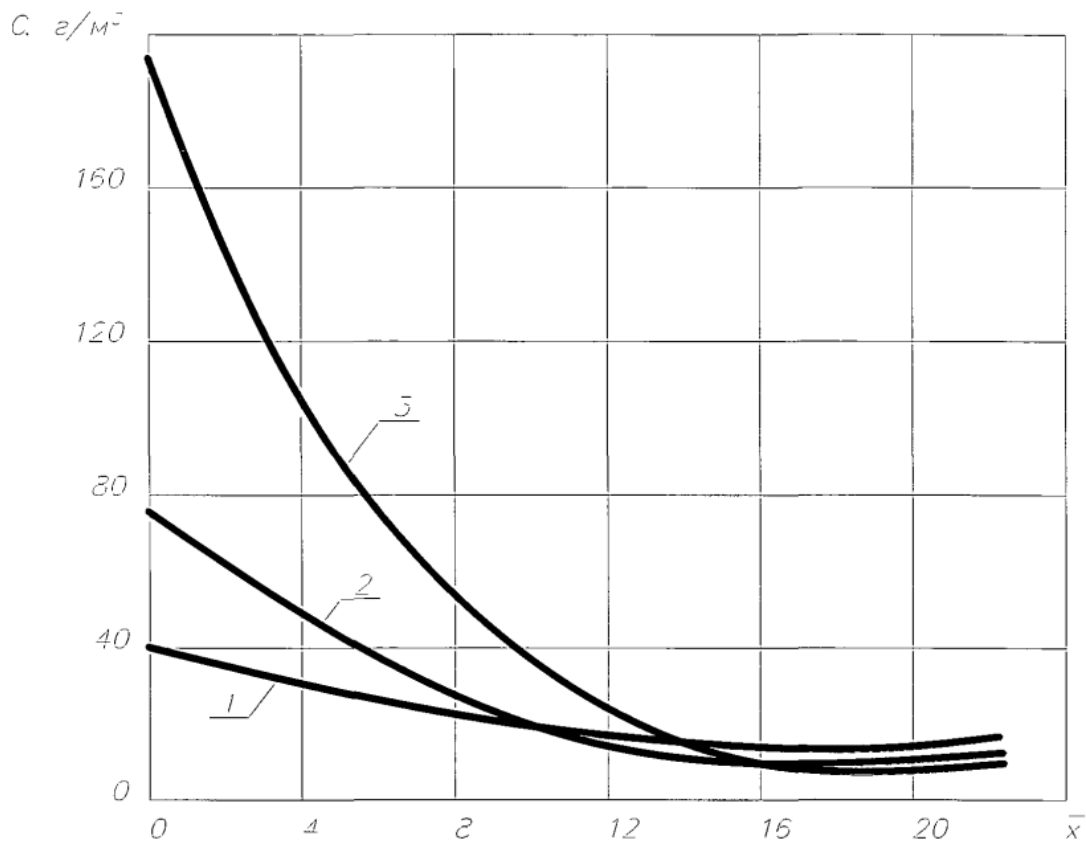


Рис. 2.20 – Зміна концентрації пилу в навколишньому повітрі при відкритому зберіганні подрібнених будівельних відходів і ґрунту при швидкості вітру: 1 – $0,1 \leq V_B < 1$ м/с; 2 – $1 \leq V_B < 5$ м/с; 3 – $5 \leq V_B < 10$ м/с

Ґрунт, призначений для формування проміжного ізоляційного шару, береться з поверхні подальшої робочої карти і, відповідно, може мати різну вологість, що, в свою чергу, вплине на інтенсивність виділення пилу з поверхні насипу. На рисунках 2.21–2.23 показані дані про зміну щільності осідання пилу біля основи насипу при різних значеннях вологості матеріалу. Найбільша інтенсивність викиду пилу спостерігається при вологості ґрунту 10 %. При більш високій початковій вологості під час зберігання матеріал підсихає і інтенсивність виділення пилу збільшується з плином часу.

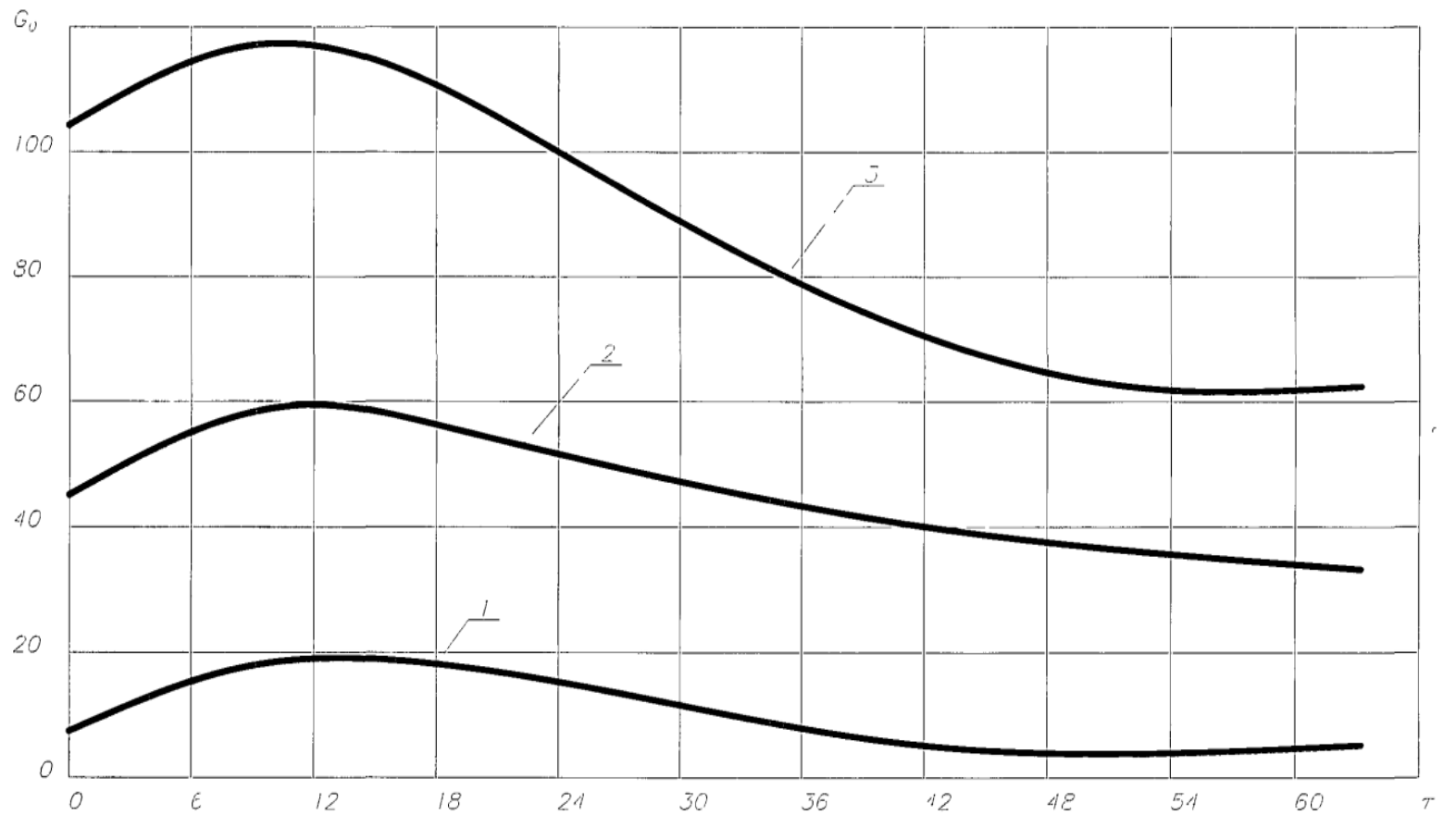


Рис. 2.21 – Зміна щільності осідання пилу біля основи насипу ґрунту при його вологості 10 % при швидкості вітру: 1 – до 1 м/с; 2 – від 1 до 5 м/с; 3 – від 5 до 10 м/с

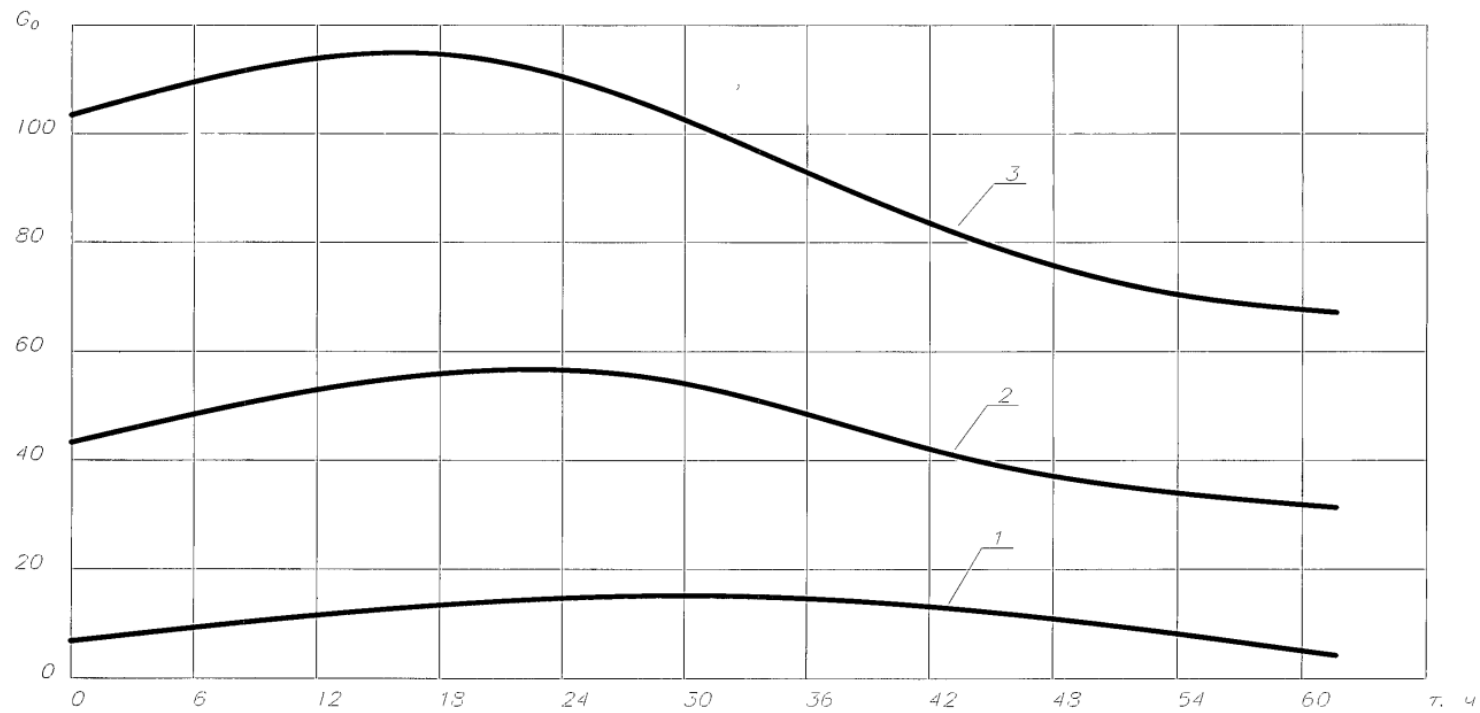


Рис. 2.22 – Зміна щільності осідання пилу біля основи насипу ґрунту при його вологості 20 % при швидкості вітру: 1 – до 1 м/с; 2 – від 1 до 5 м/с; 3 – від 5 до 10 м/с

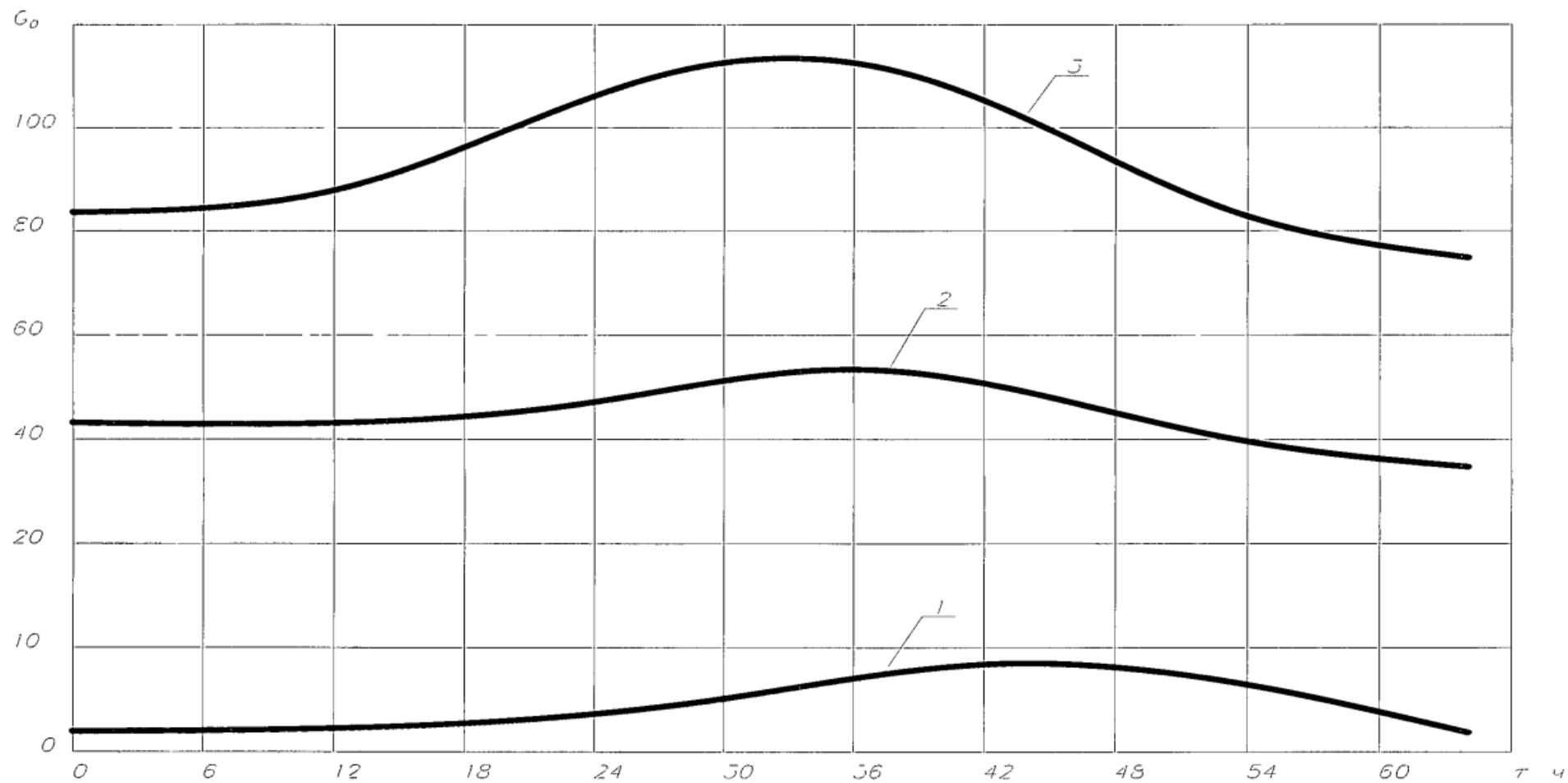


Рис. 2.23 – Зміна щільності осідання пилу біля основи насипу ґрунту при його вологості 30 % при швидкості вітру: 1 – до 1 м/с; 2 – від 1 до 5 м/с; 3 – від 5 до 10 м/с

Однак, як показали дослідження, після 1–2 діб (залежно від швидкості вітру) після початку зберігання на поверхні насипу утворюється кірка з висушеного матеріалу. В результаті цього, а також в результаті видування певного шару ґрунту, процес здування пилу, а значить і величина потужності викиду від джерела, стабілізуються, про що свідчить відсутність змін щільності осідання пилу.

2.6 Висновки до другого розділу

1. Проаналізовано закономірності розподілу пилу, що виділяється з джерел полугону ТПВ.
2. Одержані залежності, що характеризують поширення хмари пилу, що утворюється при розвантаженні будівельних відходів зі самоскида.
3. Досліджено, зміну інтенсивність здування пилу і зміну його концентрації в атмосферному повітрі, під час здійснення технологічних процесів, характерних для полігонів ТПВ (вивантаження будівельного сміття, формування проміжного ізоляційного шару, відкрите зберігання подрібнених будівельних відходів і ґрунту).

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Уточнення значень коефіцієнтів, що приймаються під час розрахунків викидів до атмосфери від неорганізованих джерел

Як зазначалося у п.п. 1.3, в даний час для визначення маси викидів від неорганізованих джерел використовується методика [21], при проведенні розрахунків за якою використовуються коефіцієнти K_1 , що враховує вагову частку пилової фракції в матеріалі, і K_2 характеризує частку пилу, що переходить в аерозоль.

Якщо інші коефіцієнти, що входять до розрахункових залежностей, враховують вплив різних місцевих умов (метеорологічні характеристики, вологість матеріалу тощо), досить вивчені, то дослідження з обґрунтування значень коефіцієнтів K_1 та K_2 для процесів розміщення будівельних відходів на полігоні ТПВ практично не проводилися.

Отримані експериментальні результати дозволили визначити величини цих коефіцієнтів.

Для визначення коефіцієнта K_1 використовувався метод репрезентативних вибірок в об'ємі 0,1 % від загальної маси відходів. Відбір проводився для 6 типів пилу, характерних для досліджуваних процесів. Відповідно до рекомендацій [21] маса вибірок просіювалась через набір сит із виділенням фракції пилу розміром від 0 до 200 мкм. Отримані результати наведено в таблиці 3.1.

Для визначення коефіцієнта K_2 використовувався метод репрезентативних вибірок, а також результати досліджень щодо визначення швидкості осідання пилу будівельних відходів методом седиментометрії (п.п. 3.4). Результати представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнтів для розрахунку викидів від неорганізованих джерел під час розміщення будівельних відходів на полігоні

Вид робіт	Вид пилу	Пропоновані значення коефіцієнтів		Пропоновані додаткові коефіцієнти	
		K_1	K_2	K_{10}	$K_{2,5}$
1. Розавнтаження відходів на полігоні	від відходів будівельно-монтажних робіт	0,056	0,015	0,01	0,00016
	від відходів виробництва будівельних матеріалів	0,039	0,027	0,8	0,07
	від відходів оздоблювальних робіт	0,062	0,09	0,5	0,07
2. Формування проміжного ізоляційного шару	ґрунт	0,11	0,04	0,05	0,6
	подрібнені будівельні відходи	0,066	0,045	0,009	0,0006
3. Ущільнення відходів бульдозером	суміш	0,07	0,074	0,15	0,01
4. Зберігання відходів у слабо вітряну погоду	суміш	0,07	0,01	0,7	0,075
5. Зберігання відходів у вітряну погоду	суміш	0,07	0,06	0,01	0,0001

Крім того, у зв'язку із запровадженням нормативів на вміст в атмосфері частинок пилу PM_{10} та $PM_{2,5}$, пропонується додатково в існуючій методиці [21] використовувати коефіцієнти K_{10} і $K_{2,5}$, що дозволить визначати частку дрібнодисперсного пилу у загальній масі викидів.

Тоді, наприклад, для оцінки об'єму виділення пилових частинок фракції PM_{10} під час розвантаження відходів на полігоні розрахункова залежність (1.1) [70] буде виглядати так

$$M_{\text{роз}}(PM_{10}) = M_{\text{роз}} K_{10} = 10^6 K_{10} K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_7 K_8 K_9 BG_{\text{ц}} / 3600, \text{ г/с} \quad (3.1)$$

Аналогічно для частинок $PM_{2,5}$

$$M_{\text{роз}}(PM_{2,5}) = M_{\text{роз}} K_{2,5} = 10^6 K_{2,5} K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_7 K_8 K_9 BG_{\text{ц}} / 3600, \text{ г/с} \quad (3.2)$$

Значення коефіцієнтів K_{10} і $K_{2,5}$ можуть бути визначені за результатами дисперсійного аналізу пилу, що виділяється при розміщенні будівельних відходів на полігоні, за допомогою виразів

$$K_{10} = 0,01D(10 \text{ мкм}),$$

$$K_{2,5} = 0,01D(2,5 \text{ мкм}).$$

3.2 Висновки до третього розділу

1. За результатами експериментальних досліджень для пилу будівельних відходів різного складу та походження уточнено значення поправочних коефіцієнтів, що використовуються при оцінці маси викидів до атмосфери від неорганізованих джерел.

2. На основі експериментальних даних запропоновано в існуючій методиці для визначення величини пилових викидів до атмосфери використовувати додаткові коефіцієнти, що дозволять визначати частку дрібнодисперсного пилу фракцій PM_{10} та $PM_{2,5}$ у загальній масі викидів.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

В процесі трудової діяльності працівник піддається впливу шкідливих факторів, які можуть прямо чи опосередковано вплинути на його здоров'я, безпеку та комфорт.

Охорона праці – це розроблений правовий регламент, який регулює діяльність того чи іншого підприємства щодо безпеки виробництва та збереження життя та здоров'я персоналу. Основою для регулювання норм та правил безпеки праці в Україні є Конституція.

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на полігоні ТПВ

У процесі роботи на полігоні ТПВ людину впливає ряд факторів, які можуть негативно позначитися на її здоров'ї та призвести до хронічних захворювань.

Основними небезпечними виробничими факторами при виконанні робіт на полігоні можуть бути:

- знижена та підвищена температура повітря в господарських приміщеннях та на відкритих майданчиках полігону;
- рухомі рухливі частини машин і механізмів, виробничого обладнання;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму і вібрації на робочому місці;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- фізичні перевантаження;
- падаючі предмети та інструменти;
- утворення вибухо-, пожежонебезпечних сумішей газів від відходів;
- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через працівника;

– патогенні мікроорганізми при контакті з відходами (бактерії, віруси, найпростіші) [40].

4.2 Пожежна безпека

Керівництвом полігону повинна бути затверджена посадова інструкція про заходи пожежної безпеки, в якій встановлюється порядок та спосіб забезпечення пожежної безпеки, обов'язки та дії працівників у разі виникнення пожежі, включаючи порядок оповіщення людей та повідомлення про неї пожежної охорони, евакуації людей, тварин і матеріальних цінностей, застосування засобів пожежогасіння та взаємодії з підрозділами пожежної охорони.

Керівник полігону повинен розподілити обов'язки серед посадових осіб (у тому числі заступників керівника) щодо забезпечення пожежної безпеки, призначити відповідальних за пожежну безпеку окремих будівель, споруд, приміщень, ділянок тощо, технологічного та інженерного устаткування, а також за утримання і експлуатацію технічних засобів протипожежного захисту.

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння на території полігону твердих побутових відходів (у господарській зоні) встановлюються спеціальні пожежні щити (стенди), згідно з вимогами Правил пожежної безпеки в Україні, з розрахунку один щит (стенд) на 5000 м² площі.

Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, повинні попередньо (до початку самостійного виконання роботи) пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік мають проходити перевірку знань відповідних нормативно-правових актів.

Забороняється допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, протипожежного інструктажу і перевірки знань з питань пожежної безпеки.

Використання пожежного обладнання, інструментів, інвентарю для

господарських, виробничих та інших потреб, не пов'язаних з гасінням пожежі або навчанням протипожежних формувань, забороняється.

Кожний транспортний засіб, який працює на полігоні ТПВ, має бути оснащений згідно з Правилами пожежної безпеки в Україні.

У приміщеннях під навісами та на відкритих майданчиках, де зберігається автотракторна техніка полігона ТПВ, а також безпосередньо на робочих картах складування відходів забороняється заправляти техніку паливом, заряджати акумулятори безпосередньо на машинах, залишати транспортні засоби з увімкненим запаленням.

Унаслідок біохімічних процесів у тілі полігона ТПВ утворюється біогаз. Щоб запобігти його вибуху і пожежам створюється система вилучення та знешкодження біогазу.

Свердловини облаштовуються металевими або полімерними трубами діаметром 200 мм і більше з перфорацією у заглибленій частині до 2,5–3 м.

У міру зростання шару відходів трубу слід нарощувати таким чином, щоб висота над поверхнею становила не менше 1,5 м.

Частина труби, що виступає над поверхнею, має бути пофарбована в яскравий оранжевий колір, щоб запобігти її руйнуванню транспортними засобами.

Якщо полігон ТПВ має куполоподібну форму, дренажні свердловини для витікання біогазу можуть бути горизонтальними.

Заборонено палити і розпалювати вогнища на території полігона ТПВ [17].

4.3 Засоби індивідуального захисту та виробнича санітарія

На робочих місцях, де технологічний процес, обладнання, сировина та матеріали, які використовуються, є потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що можуть несприятливо вплинути на стан здоров'я працюючих, повинна бути проведена атестація робочих місць. Робота на полігоні ТПВ уночі дозволяється виключно за наказом керівництва полігона.

Персонал полігонів твердих побутових відходів повинен проходити відповідні інструктажі, навчання (підвищення кваліфікації), перевірку знань з питань охорони праці відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.

Кожний нещасний випадок, а також будь-які порушення вимог нормативно-правових актів з охорони праці, що призводять до нещасних випадків або аварій, підлягають розслідуванню, виявленню причини і винуватців їх виникнення та вжиттю заходів щодо запобігання повторенню подібних випадків.

Працівникам полігону ТПВ, зайнятим на роботах із шкідливими і небезпечними умовами або роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими метеорологічними умовами, керівництво полігону повинно видати спеціальний одяг та спеціальне взуття на літній та зимовий час (бавовняний халат, волого-непроникний плащ, рукавиці, полотняний костюм, гумові чи брезентові чоботи) та інші засоби індивідуального захисту (респіратори, протигази та картриджі до них, гумові напальчники), а також миючі та знешкоджувальні засоби.

Виконувати роботи без засобів індивідуального захисту заборонено.

Спецодяг персоналу, що працює на полігоні ТПВ, підлягає обов'язковій щоденній детоксикації (обробці спеціальними засобами) в спеціалізованій кімнаті. Окрім цього, за визначенням в колективному договорі терміном та розпорядком, одяг підлягає пранню. Якщо прання неможливо організувати на території полігону, то працівникам повинні видаватись миючі засоби за встановленими в договорі нормами.

Для персоналу передбачується доступ до санітарно-побутових приміщень: туалетів, душових, гардеробних з шафами на 2 відділення для зберігання власного одягу та робочого, кімнати для сушіння робочого одягу, їдальні або кімнати для прийому їжі та кімнати відпочинку. Окрім цього керівництво полігону повинно забезпечити робітників якісною водопровідною водою.

Персонал повинен суворо дотримуватися техніки безпеки та особистої гігієни, відпочивати, палити та приймати їжу тільки в спеціально відведених місцях, митися в душі та проходити обробку після закінчення робочого дня [17, 18].

4.4 Вимоги безпеки при виконанні робіт

В процесі роботи працівник повинен виконувати тільки той вид роботи, з якого пройшов навчання з охорони праці. Заборонено передавати керування та обслуговування обладнання ненавченим працівникам, залишати обладнання без нагляду.

При експлуатації конвеєра:

- не допускається завантаження понад розрахункових норм для умов експлуатації, встановлених в технічних умовах;

- на трасах транспортерів з пересувними завантажувальними і розвантажувальними пристроями повинні бути встановлені кінцеві вимикачі і упори, що обмежують хід завантажувально-розвантажувальних пристроїв;

- рухомі частини стрічкового транспортера повинні бути огорожені в зонах постійних робочих місць, пов'язаних з технологічним процесом або по всій трасі транспортера, якщо має місце вільний доступ осіб, не пов'язаних з його обслуговуванням;

- на робочих місцях повинні бути розташовані таблички, що пояснюють значення застосовуваних засобів сигналізації та порядок управління транспортером;

- в разі транспортування пилоподібних вантажів, необхідно включити пило-прибивні системи в місцях виділення пилу, відводи до місцевої витяжної вентиляції.

При експлуатації обладнання забороняється:

- включати обладнання, якщо відсутні, або надійно не закріплені захисні огороження;

- працювати на обладнанні при виході з ладу блокуючих і сигнальних пристроїв;

- при включеному обладнанні звільняти застрягли відходи або підштовхувати відходи руками, розбирати затор відходів при включеному двигуні обладнання, торкатися до будь-яких рухомих елементів обладнання;
- виконувати роботи на незаземленому обладнанні, ремонтувати обладнання, виправляти електрообладнання та електромережі персоналу, який не має допуску та дозволу на даний вид роботи, працювати близько неогороджених струмоведучих частин, торкатися до будь-яких електропроводів, арматури загального освітлення, відчиняти дверцята електрощитових, електрошаф, огорожі рубильників, щитів і пультів управління;
- забороняється застосовувати для миття рук мастильно-змивочні речовини;
- забороняється залишати без нагляду допоміжне обладнання, інструмент та колючо-ріжучі предмети (ножі, ножиці, шило тощо).

Приймання відходів на полігоні здійснюється вдвох, при цьому один працівник повинен перебувати в кузові, а один працівник на землі. Заборонено знаходитися на стінках кузова транспорту під час приймання відходів. Зона приймання повинна бути постійно звільнена для проїзду спецтранспорту (пожежні автомобілі).

При розрізуванні кип відходів і макулатури розрізати шпагати, мотузки та інше слід спеціальним ножем або ножицями.

При перервах і закінченні роботи необхідно вкладати колючо-ріжучі предмети в пенал, або залишати в спеціально відведеному місці.

При виконанні робіт за допомогою колючо-ріжучих предметів необхідно: не працювати з ножем в напрямку до свого тіла; використовувати тільки справні ножі та інструменти; не залишати ніж в положенні ріжучої кромкою вгору; не використовувати ножі не за призначенням.

У разі розливу, розсипу небезпечних відходів, необхідно вжити відповідні заходи, ходити по розлитим чи розсипаним відходам забороняється.

При виявленні місць розливу або розсипу небезпечних відходів слід зібрати відхід дерев'яною лопатою, а в разі, якщо речовина рідка, засипати

піском, а потім зібрати та утилізувати в місце зберігання. Місце розливу необхідно ретельно промити водою [40].

4.5 Вимоги безпеки розвантажувальних робіт на полігонах ТПВ

На в'їзді до полігону ТПВ має бути встановлений щит з інформацією: назва полігона побутових відходів; рік введення полігона в експлуатацію; найменування суб'єкта господарювання, що здійснює експлуатацію полігона побутових відходів; режим роботи полігона; види відходів, що приймаються на полігон; тарифи на надання послуг із захоронення побутових відходів; найменування структури, що забезпечує охорону полігона ТПВ.

На кожному полігоні побутових відходів має бути контрольно-пропускний пункт (КПП) і повинні бути встановлені автомобільні ваги для обліку кількості усіх видів відходів, що надходять на полігон ТПВ.

Дорожні знаки при в'їзді та на території полігону встановлюються відповідно до Правил дорожнього руху.

Керівництво полігона забезпечує приймальника КПП: переліком промислових відходів і речовин, заборонених для захоронення на полігоні побутових відходів; переліком підприємств, з якими оформлені договори на надання послуг із захоронення побутових відходів; інформацією про місткість кузовів та коефіцієнт ущільнення транспортних засобів, в яких підприємства перевозять відходи, зазначені у договорі.

Приймальник на КПП контролює прибуття транспортного засобу з відходами і приймає їх за дорожнім листом, товарно-транспортною накладною. На КПП повинна бути встановлена вишка для візуального контролю виду відходів, що завозяться бортовими і самоскидними транспортними засобами.

Для радіометричного контролю всіх відходів КПП повинен бути оснащений спеціальними приладами.

У разі виявлення у відходах компонентів, заборонених для захоронення, приймальник зобов'язаний відправити транспортний засіб, не розвантажуючи його, і зробити відповідний запис у дорожньому листі.

В'їзд і проїзд машин по території полігону здійснюються за встановленими на даний період маршрутами.

Розвантаження сміттєвозів, складування ізолюючого матеріалу (грунт, шлак, будівельні відходи), роботу бульдозера по розрівнюванню та ущільненню ТПВ або облаштування ізолюючого шару на полігонах здійснюють тільки на картах, відведених на дану добу. У зоні роботи бульдозера забороняється присутність людей і здійснення будь-яких інших робіт.

Присутність сторонніх на території полігону забороняється.

Сміттєвози розміщуються на розвантажувальному майданчику один за одним відстань між транспортними засобами має бути не менше 1 м.

Застосування розвантажувальних майданчиків для ущільнених бульдозером ТПВ без ізолюючого шару не допускається.

Якщо сміттєвози зупиняються для розвантаження поблизу зовнішнього укусу, то відстань від цього укусу до сміттєвозів має бути не менше 10 м.

Освітленість розвантажувальних майданчиків в темну пору доби повинна забезпечувати нормальні умови роботи.

Щоб уникнути займання ТПВ від вихлопних газів на вихлопну трубу бульдозера слід надягати іскрогасник. Окрім цього бульдозер повинен бути укомплектований вогнегасником.

Забороняється допускати до технічного обслуговування і усунення несправностей бульдозера сторонніх осіб.

Категорично забороняється до глушіння двигуна знаходитися в просторі між трактором і рамою бульдозера, між трактором і відвалом або під трактором.

Піднімати важкі частини бульдозера необхідно тільки справними домкратами і талями. Застосовувати ваги та інші засоби, що не забезпечують належної стійкості, забороняється.

Регулювати механізми бульдозера повинні двоє людей, з яких один знаходиться у регульованого механізму, а інший – на важелях управління. Особлива увага повинна бути приділена безпеці в моменти включення муфти зчеплення і рукояток управління.

Кабіни, важелі управління повинні бути чистими і сухими. Забороняється захарашувати кабінку сторонніми предметами.

При роботі в нічний час бульдозери повинні бути обладнані лобовим і загальним освітленням, що забезпечує достатню видимість шляху, по якому рухається машина, фронту робіт і прилеглих до нього ділянок; освітленням робочих органів і механізмів управління; заднім сигнальним світлом [17, 40].

Медичне обслуговування. Керівництво полігона ТПВ зобов'язане забезпечити фінансування та проведення попереднього і періодичного обов'язкових медичних оглядів працівників та обов'язкових щеплень відповідно до наказу Міністерства охорони здоров'я України "Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій".

Для надання першої допомоги при травмах та нещасних випадках на кожній експлуатаційній дільниці полігона ТПВ повинна бути аптечка із запасом медикаментів та перев'язочних матеріалів.

Для роботи на полігоні ТПВ допускаються чоловіки і жінки віком від 18 років, які пройшли медичний огляд і не мають протипоказань за станом здоров'я, пройшли інструктаж з надання першої медичної допомоги у разі виникнення аварії.

Працівник, який бере участь в переробці, сортуванні небезпечних відходів, зобов'язаний знати методи надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків на виробництві.

У всіх випадках найголовніше надати потерпілому спокій і якомога швидше звернутися за медичною допомогою.

При потраплянні шкідливих речовин через дихальні шляхи необхідно видалити потерпілого із зони зараження на свіже повітря, укласти в теплому місці, розстебнути одяг.

При потраплянні шкідливих речовин на шкіру – зняти заражений одяг, ретельно обмити забруднені ділянки шкіри великою кількістю води. При попаданні в очі ретельно промити струменем проточної води.

При потраплянні шкідливих речовин в шлунково-кишковий тракт дати випити кілька склянок теплої води або двовідсотковий розчин харчової соди.

При ураженні електричним струмом необхідно звільнити потерпілого від дії струму шляхом негайного відключення електроустановки рубильником або вимикачем. Якщо відключити електроустановку одразу не можна, необхідно потерпілого звільнити за допомогою діелектричних рукавичок або сухого дерев'яного предмета, при цьому необхідно стежити, щоб самому не опинитися під напругою. Після звільнення потерпілого від дії струму необхідно оцінити його стан, викликати швидку медичну допомогу і до прибуття лікаря надавати першу допомогу [17, 40].

РОЗДІЛ 5 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Полігон побутових відходів особливий об'єкт, це місце де зосереджений великий обсяг горючих матеріалів: папір, поліетилен, пластик (останній при горінні виділяє велику кількість канцерогенів, особливо небезпечних для життєдіяльності людини) [41].

Пожежа виникає з кількох причин:

- привозять палаюче сміття;
- підпал (частий випадок).

Ще є ймовірність попадання блискавки на територію полігону, але головною причиною вважається так зване самозаймання звалищ. З органічної складової сміття (харчових відходів, паперу, листя та гілок) з часом утворюється звалищний газ – метан. Кожне звалище це величезний біореактор, в надрах якого, внаслідок анаеробного розкладу відходів органічного походження утворюється цей біогаз. Генерація біогазу відбувається не тільки під час експлуатації полігонів ТПВ, а й упродовж десятиріч після їх закриття [42]. Безконтрольне поширення звалищного газу в довкілля викликає негативні ефекти як локального, так і глобального характеру, а саме:

- виникнення пожеж внаслідок стихійного вивільнення звалищного газу;
- насичення біогазом порового простору ґрунтового середовища, що спричиняє асфікцію кореневої системи рослин;
- загазованість споруд і підземних комунікацій – отруєння людей і тварин;
- посилення парникового ефекту внаслідок емісії біогазу.

Найбільш уразливим місцем полігону є схили полігону, їх легше підпалювати і надзвичайно важко гасити, а укуси часто досягають 10–15 метрів у висоту [43].

Звалищні гази є парниковими і їх знешкодження стимулювалось механізмом Кіотського протоколу. Завдяки цьому на полігоні «Дальницькі карери» була побудована система дегазації, пробурено 160 свердловин,

розташованих серповидними та радіально-променевими кущами відповідно з морфологією окремих блоків звалища [44].

На даний час газозбірні свердловини та газові колектори, в основному, засипані 5 м шаром відходів. Установа утилізації біогазу знаходиться в незадовільному стані [45].

При пошкодженні герметичності технологічних систем установки з утилізації біогазу, існує ймовірність виникнення вибуху та пожежі. З метою **визначення зони ураження** та встановлення доцільності використання цієї установки, в даній роботі було проведено ряд розрахунків.

Розрахунок зони надзвичайної ситуації при пошкодженні герметичності установки з утилізації біогазу

Енергетичними показниками вибухонебезпечності газових установок є наступні критерії:

– загальний енергетичний потенціал установки – (E), що характеризується сумою енергій адиабатичного розширення парогазової фази, повного згоряння наявних і новоутворених з рідини парів за рахунок внутрішньої і зовнішньої енергії при аварійному розкритті обладнання, кДж;

– загальна маса горючих парів вибухонебезпечної парогазової хмари (m) приведена до єдиної питомої енергії згоряння, кг;

– відносний енергетичний потенціал вибухонебезпеки (O_B) технологічного блоку.

Розрахунки:

Маса метану, що міститься в корпусі та технічних збірниках газу в установці за даними технічних характеристик [46]:

$$V (\text{газу}) = 2 \text{ м}^3;$$

$$1 \text{ м}^3 (\text{газу}) = 2 \text{ кг};$$

$$G_{\text{теоретичне}}(\text{газу}) = 2 \text{ кг};$$

$$G_{\text{практичне}}(\text{газу}) = 2 \cdot 0,85 = 1,7 \text{ кг}.$$

Знаходимо загальний енергетичний потенціал вибухонебезпеки (E) установки [47, 48]:

$$E = \Sigma G \cdot q \quad (5.1)$$

де G – маса метану в корпусі та технічних збірниках газу, q_i – питома теплота згорання газу, кДж/кг;

$$q = 49800 \text{ (кДж);}$$

$$E = 1,7 \cdot 46300 = 78\,710 \text{ (кДж/кг).}$$

Знаходимо загальну масу горючих газів вибухонебезпечної парогазової хмари (m), приведеної до єдиної питомої енергії згорання, яка дорівнює 46000 кДж/кг:

$$m = E / 4,6 \cdot 10^4 \text{ (кг);} \quad m = 78\,710 / 46000 = 1,711 \text{ (кг).}$$

Знаходимо відносний енергетичний потенціал вибухонебезпеки (Q_B) установки за формулою: $Q_B = (1 / 16,534) \cdot \sqrt[3]{E}$;

$$Q_B = (1 / 16,534) \cdot \sqrt[3]{78\,710} = 2,592$$

За значеннями відносного енергетичного потенціалу (Q_B) і приведеної маси метану (m) газова установка відноситься до III класу вибухонебезпеки.

Розрахунок зон дії вражаючих факторів вибухів проводять з розрахунку тротилового еквіваленту вибуху парогазового середовища.

Тротильовий еквівалент вибуху парогазового середовища (W_T), який визначається за умовами адекватності характеру і ступеня руйнування при вибухах парових хмар і концентрованих ВР, розраховуємо за формулою:

$$W_T = (0,4 \cdot q' / 0,9 \cdot q_T) \cdot z \cdot m \quad (5.2)$$

де W_T – тротильовий еквівалент, кг;

0,9 – частка енергії вибуху тринітротолуолу (ТНТ), що витрачається на формування ударної хвилі;

0,4 – частка енергії вибуху парогазового середовища, що витрачається безпосередньо на формування ударної хвилі;

q' – питома теплота згорання парогазового середовища, кДж/кг;

q_T – питома енергія вибуху ТНТ, кДж/кг. Для розрахунку тротильових еквівалентів приймається теплота детонації тротилу, що дорівнює 4520 кДж/кг.

z – частка приведеної маси пари, що бере участь у вибуху;

m – приведена маса ГР, кг (з розрахунку енергетичного потенціалу). Для неорганізованих парових хмар в незамкненому просторі з великою масою горючих речовин, частка участі речовини у вибуху z може прийматися рівною 0,1.

$$W_T = (0,4 \cdot 78710 / 0,9 \cdot 4520) \cdot 0,1 \cdot 1,711 = 1,324 \text{ кг.}$$

Радіуси зон руйнування визначаємо за формулою:

$$R = K \cdot R_0 \quad (5.3)$$

де при $m < 5000$ кг

$$R_0 = \frac{\sqrt[3]{W_T}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{W_T}\right)^2\right]^{1/6}};$$

$$R_0 = \frac{\sqrt[3]{1,324}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{1,324}\right)^2\right]^{1/6}};$$

$$R_0 = 0,09 \text{ м.}$$

Тоді:

– радіус зони повного руйнування будівель і смертельної небезпеки для людей:

$R_1 = K_1 \cdot R_0 = 3,8 \cdot 0,09 = 0,342$ м – радіус зони з надлишковим тиском в передбачуваному епіцентрі вибуху $\Delta P \geq 100$ кПа;

– радіус зони сильних руйнувань будівельних конструкцій, обвалення цегляних стін і смертельної небезпеки для людей:

$R_2 = K_2 \cdot R_0 = 5,6 \cdot 0,09 = 0,504$ м – радіус зони, за межами якої надлишковий тиск на фронті передбачуваної ударної хвилі $100 \text{ кПа} < \Delta P < 70 \text{ кПа}$;

– радіус зони середніх руйнувань будівельних конструкцій і смертельної небезпеки для людей на відкритій місцевості:

$R_3 = K_3 \cdot R_0 = 9,6 \cdot 0,09 = 0,864$ м – радіус зони, за межами якої надлишковий тиск на фронті передбачуваної ударної хвилі $70 \text{ кПа} < \Delta P < 28 \text{ кПа}$;

– радіус зони слабких руйнувань (руйнування віконних проїомів, легко скидних крівель) і тяжкого травмування людей на відкритій місцевості:

$R_4 = K_4 \cdot R_0 = 28 \cdot 0,09 = 2,52$ м – радіус зони, за межами якої надлишковий тиск на фронті передбачуваної ударної хвилі $28 \text{ кПа} < \Delta P < 14 \text{ кПа}$;

– радіус зони часткового руйнування засклення, безпечної для людей на відкритій місцевості:

$R_5 = K_5 \cdot R_0 = 56 \cdot 0,09 = 5,04$ м – радіус зони, за межами якої надлишковий тиск на фронті передбачуваної ударної хвилі $14 \text{ кПа} < \Delta P < 2 \text{ кПа}$.

Висновок. За даними розрахунків видно, що радіуси зон руйнування будуть настільки малими, що в зону ураження потраплятиме лише обладнання самої установки. Таким чином, можна зробити висновок, що дана модель установки є досить безпечною в плані вибухо- та пожежонебезпеки.

ВИСНОВКИ

У роботі наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень функціонування полігонів ТПВ та будівельних відходів як джерел антропогенного впливу на навколишні екосистеми.

За результатами роботи можна зробити такі основні висновки:

1. Проведений аналіз показав, що будівельні відходи розміщуються на полігонах ТПВ. Проведення пов'язаних із цим операцій (вивантаження з автотранспорту, дроблення, зіштовхування на робочу карту, ущільнення, формування проміжних ізолюючих шарів тощо) супроводжується значним виділенням багатокомпонентного пилу в довкілля. Оцінка об'ємів пилових викидів до атмосфери в подібних випадках проводиться за діючими методиками, в яких розрахункові коефіцієнти віднесено до конкретних будівельних матеріалів. При проведенні моніторингу стану навколишнього природного середовища в період експлуатації полігонів ТПВ відповідно до чинних нормативних документів не передбачається оцінка пилового забруднення атмосфери.

2. Проведено аналіз закономірностей поширення частинок пилу, що виділяється при розміщенні відходів будівництва на полігоні, та отримані аналітичні залежності, що описують ці процеси.

3. На основі експериментальних досліджень, виконаних у натурних умовах, встановлені залежності, що характеризують закономірності поширення частинок пилу у навколишньому середовищі під час проведення різних операцій, пов'язаних із розміщенням будівельних відходів на полігоні (вивантаження відходів, їх ущільнення, формування проміжного ізолюючого шару з подрібнених будівельних відходів та ґрунту, відкрите зберігання подрібнених будівельних відходів та ґрунту) при різних швидкостях вітру. Також отримані експериментальні залежності, що дозволяють оцінювати межі поширення «пилової хмари», що утворюється під час розвантаження відходів будівництва.

4. Уточнено значення розрахункових коефіцієнтів, що враховують вагову частку пилової фракції в матеріалі та частку пилу, що переходить в аерозоль, при визначенні об'єму пиловиділень за діючими методиками. Крім того, на основі експериментальних даних запропоновано у таких розрахунках використовувати додаткові коефіцієнти, що дозволять визначати частку дрібнодисперсного пилу фракцій PM_{10} та $PM_{2,5}$ у загальній масі викидів.

5. Проаналізовано небезпечні та шкідливі виробничі фактори при роботі на полігоні ТПВ, поводження з великогабаритною технікою, використання засобів індивідуального захисту для працівників та рекомендовано заходи з мінімізації шкідливого впливу на персонал.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Утворення та поводження з відходами в Україні : офіц. сайт Держстату України. URL: https://ukrstat.gov.ua/metaopus/2021/3_01_00_02_2021.htm (дата звернення 21.08.2024)
2. Коцюба І. Г. та ін. Аналіз сучасного досвіду та напрямів вирішення проблем управління твердими комунальними відходами. *Екологічні науки*. 2021. №6(39). С. 166–170.
3. Закон України «Про відходи» : прийнятий 20 черв. 2022 р. № 2320-ІХ. *Голос України*. 2022. 25 лип. С. 10–45.
4. Малей О. В. Шляхи удосконалення економічного механізму управління сферою поводження з твердими побутовими відходами на регіональному рівні. *Комунальне господарство міст*. 2013. № 111. С. 41–47.
5. Мислюк Є.В., Мислюк О.О. До питання про утилізацію твердих побутових відходів. *Хімічні технології і екологія. Вісник ЧДТУ*. 2008. №3. С. 177–182.
6. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» : прийнятий 28 лютого 2019 р. № 2697-VIII : офіц. сайт. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82408 (дата звернення 22.08.2024)
7. Навроцький Р.Л. Досвід країн Європейського союзу в сфері безпечного поводження з твердими побутовими відходами. *Економіка і суспільство*. 2016. № 7. С. 621– 625.
8. Тверді побутові відходи: джерела утворення та екологічний аспект проблеми : офіц. сайт. URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/ecology/21366/> (дата звернення 19.08.2024)
9. Мадані М. М., Гаркович О.Л. *Екологія міських систем : навч. посіб.* Одеса : ОНТУ, 2023. 296 с.
10. Молчанова А. В. Екологічні аспекти впливу полігонів твердих побутових відходів на агроландшафт, водне середовище та атмосферне

повітря. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 4. С. 106–110.

11. Радовенчик В. М., Гомеля М. Д. Тверді відходи: збір, переробка, складування: навч. посіб. Київ : Кондор, 2010. 549 с.

12. Мішенін Є. В., Височанська М. Я. Стан сфери управління твердими побутовими відходами в Україні. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 4. С. 20–24.

13. Очеретний В. П., Ковальський В. П., Машницький М. П. Нове в технології виробництва цементно-карбонатних будівельних виробів з використанням промислових відходів. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2008. № 5. С. 33–36.

14. Поводження з відходами : офіц. сайт Одеської обласної Ради. URL: <https://oblrada.od.gov.ua/odeska-oblast/ekologichnij-stan/povodzhennya-z-vidhodamy/> (дата звернення 20.08.2024)

15. Настанова щодо забезпечення збалансованого використання природних ресурсів під час проектування споруд : ДСТУ 9171:2021 [Чинний з 01.08.2022]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 18 с.

16. Планування та забудова територій : ДБН А.2.2-12:2019 [Чинний з 01.10.2019]. Київ, Мінрегіон України, 2018. 15 с.

17. Правила експлуатації полігонів побутових відходів : офіц. сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1307-10#Text> (дата звернення 29.07.2024).

18. Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування : ДБН В.2.4-2-2005 [Чинний з 01.01.2006]. Київ : Держбуд України, 2005. 100 с.

19. Петрук В. Г., Васильківський І. В., Іщенко В. А. Петрук Р.В. Управління та поведження з відходами. Частина 3. Полігони твердих побутових відходів: навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2013. 139 с.

20. МВВ № 081/12-0296-06 Викиди газопилові. Методика виконання вимірювань масової концентрації летких органічних сполук в організованих викидах стаціонарних джерел методом газової хроматографії.

21. Перелік методик виконання вимірювань (визначень) складу та властивостей проб об'єктів довкілля, викидів, відходів і скидів, тимчасово допущених до використання Мінприроди. Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. Київ: 2007.

22. Методики розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди. [Чинний з 13.05.22] : офіц. сайт. Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22#Text> (дата звернення 18.08.2024).

23. Методичні рекомендації щодо безпечного поводження з компонентами (складовими) небезпечних відходів у складі побутових відходів. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 30.08.2013 № 423. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0423858-13#Text> (дата звернення 28.08.2024).

24. Заклекта О. І., Мочук О. Б. Сучасний стан поводження із побутовими відходами: світовий досвід та українські реалії. *Економічний вісник Переяслав–Хмельницького державного педагогічного університету імені Григорія Сковороди*. 2021. №49. С.112–120.

25. Мадані М.М., Гаркович О.Л. Техніка та технології очищення газових викидів : навч. посіб. для студ. закладів вищої освіти. Одеса: ОНАХТ «Академия», 2018. 226 с.

26. Мадані М.М. Зниження запиленості повітря робочої зони на деревообробних підприємствах. *Техногенно-екологічна безпека*. 2022. № 11. С. 68–73. <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2022.1.10>

27. Безрук З. Д. Вдосконалення методів і засобів вимірювання концентрацій шкідливих речовин у викидах сміттєспалювальних заводів : дис. ...канд. наук : 05.11.13 / НТУ «КПІ». Київ, 2014. 220 арк.

28. Викиди стаціонарних джерел. Методи визначення швидкості та об'ємної витрати газопилових потоків : ДСТУ 8725:2017 [Чинний з 01.04.2018]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 12 с.

29. Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Методи визначення тиску та температури газопилових потоків : ДСТУ 8726:2017 [Чинний з 01.01.2019]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 14 с.

30. Якість повітря. Викиди стаціонарних джерел. Настанови з відбирання проб : ДСТУ 8812:2018 [Чинний з 01.12.19]. Київ : Держстандарт України, 2018. 40 с.

31. Мадані М. М. Техніка та технології очистки газових викидів : метод. вказівки до виконання лабораторних робіт [Електронний ресурс] : спец. 101 "Екологія" галузі знань 10 "Природничі науки" та 183 "Технології захисту навколишнього середовища" галузі знань 18 "Виробництво та технології". Одеса : ОНТУ, 2022. 19 с.

32. Козій І.С., Рой І.О. , Яхненко О.М. , Пономаренко Р.В. , Щербак С.С. Математично-статистичне дослідження впливу дрібнодисперсних твердих забруднюючих речовин на здоров'я людини. *Техногенно-екологічна безпека*. 2021. № 10. С. 23–27.

33. Клименко М.О., Прищепа А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля : підручник. Рівне : НУВГП, 2023. 350 с.

34. Лапач С. М. Теорія планування експериментів: виконання розрахунково-графічної роботи [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 86 с.

35. Грищук Ю. С. Основи наукових досліджень: навч. посіб. Харків : НТУ «ХП», 2008. 232 с.

36. Мотигін В.В., Павлов С.М. Планування експерименту в інженерних дослідженнях : навч. посіб. Вінниця, 2001. 82 с.

37. Козій І. С. Наукові основи системного підходу до зниження техногенного навантаження від промислових викидів на довкілля : дис. ...докт. техн. наук : 21.06.01. Суми, 2023. 343 арк.

38. Мадані М.М. Захист атмосфери урбанізованих територій від пилових викидів при виробництві газобетонних конструкцій. *Техногенно-екологічна безпека*. 2023. № 1. С. 11-19. <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2023.1.2>

39. Мадані М. М. Техніка та технології очистки газових викидів : метод. вказівки до виконання лабораторних робіт [Електронний ресурс] : спец. 101 "Екологія" галузі знань 10 "Природничі науки" та 183 "Технології захисту навколишнього середовища" галузі знань 18 "Виробництво та технології". Одеса : ОНТУ, 2022. 19 с.

40. Правила охорони праці при зборі, вивезенні і знешкодженні побутових відходів : НПАОП 90.00-1.05-00 [Чинний з 06.10.2000]. Київ : Держстандарт України, 2021. 28 с.

41. Попович В. В. Пожежна небезпека стихійних сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів. *Пожежна безпека : зб. наук. праць*. 2012. № 21. С. 140–147.

42. Попович В. В., Кучерявий В. П. Вплив продуктів горіння полігонів твердих побутових відходів на організм людини та біоту. *Пожежна безпека : зб. наук. праць*. 2012. № 20. С. 60–66.

43. Попович В. В., Кучерявий В. П. Горіння полігонів твердих побутових відходів як загроза здоров'ю людини та фактор техногенного навантаження на довкілля. *Науково-теоретичний, науково-практичний журнал : «Вісник ДДАУ»*. 2012. № 1. С. 162-166.

44. Система утилізації біогазу та тепла з масиву полігону твердих побутових відходів / Гвоздевич О. В., Стефанік Ю. В., Гронський Я. Й., Горбаль Б. М. // Деклараційний патент України №58244 А МПК 7 E21C 41/00 F23G 5/34. – Опубл. 15.07.2003 р. Бюл. Пром. Власн. – 2003, №7.

45. Оцінка впливу на навколишнє середовище полігону по захороненню твердих побутових відходів МКП "Збиранка". Львів, 2001 р.

46. Технічні характеристики когенераційної установки : офіц. сайт. URL: https://madek.ua/content_files/products/-cogeneration/Gas/PG620B1.pdf (дата звернення 21.09.2024)

47. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація : ДСТУ 8829:2019 [Чинний з 01.01.2020]. Київ: Держстандарт України, 2021. 28 с.

48. Пожежна безпека. Загальні положення : ДСТУ 8828:2019 [Чинний з 01.01.2020]. Київ: Держстандарт України, 2021. 18 с.