

Криворізький національний університет
Кафедра охорони праці та цивільної безпеки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Тема

кваліфікаційної роботи

ПОЛІПШЕННЯ УМОВ ПРАЦІ ПРАЦІВНИКІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ЗА РАХУНОК ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ
ПИЛОПОДАВЛЕННЯ

Виконала зво Парафіло Г. Ю.

Науковий керівник к.т.н., доцент Худик М.В.

Кривий Ріг – 2025

ЗМІСТ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ВИКИДІВ ДРІБНОДИСПЕРСНОГО ПИЛУ	
1.1 Дослідження дії мінерального пилу на здоров'я людини та техносередовище.	10
1.2 Дослідження забруднення повітря пилом PM _{2.5}	10
1.3 Дослідження впливу забрудненого атмосферного повітря на захворюваність та смертність.....	15
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВИДІЛЕННЯ ПИЛУ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ СИПУЧИХ ВАНТАЖІВ (ГІРНИЧИХ ПОРІД) ЗТ .	
2.1. Дослідження джерел виділення пилу при перевезенні сипучих вантажів ЗТ	
2.2 Аналіз досліджень процесу здування пилу з поверхні сипучого вантажу в залізничному напіввагоні.....	23
2.3 Дослідження сучасного стан пилопригнічення під час перевезення вугілля залізничним транспорт.	25
Висновки за розділом 2.....	
РОЗДІЛ 3 РОЗДІЛ 3 ВИБІР ЗАСОБУ ДЛЯ ПИЛОПОДАВЛЕННЯ НА ЗТ	
3.1 Обґрунтування вибору засобу для подавлення пилу.	

3.2 Аналіз досліджень з оцінки санітарно-гігієнічних і токсикологічних властивостей AGE	.53
3.3 Аналіз результатів хіміко-аналітичних досліджень AGE	54
3.4 3.4 Промислові дослідження пилопригнічувальної дії AGE.....	
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ	
4.1 Економічна модель для дослідження економічних наслідків запилення.....	60
ВИСНОВКИ.....	71
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА.....	72

ВСТУП

В економічному просторі України транспорт займає одну з головних і важливих ролей, так як забезпечує безперервне переміщення вантажів утворюючи умови для ритмічного та постійного функціонування усіх видів промисловості, від видобутку корисних копалин до сільського господарського.

За своїми функціональними властивостями його можна розділити на магістральний - загального використання та промисловий.

Магістральний транспорт перевозить вантажі від місць виготовлення до місць використання (споживання). Промисловий, на відміну від попереднього, функціонує як складова промислових підприємств і приймає, безпосередньо, участь у виробництві продукту праці, здійснюючі перевезення на самому підприємстві, між підприємствами і магістральним транспортом з постачання сировини та транспортування кінцевої продукції.

Таким чином, промисловий транспорт є важливою ланкою транспортної системи (зовнішні переміщення вантажів) та вагомою часткою виробництва (внутрішні перевезення). Основні види промислового транспорту, це автомобільний, залізничний, конвеєрний [1].

Видобуток корисних копалин, їх переробка та перевезення супроводжуються утворенням пилу. Нейтралізувати, вловити утворений при перевезеннях пил на сьогодні немає можливості, тому прилеглі території, дороги, промислові майданчики, залізничні колії вкриті щільним шаром пилу.

Утворення пилу при перевезеннях відбувається завдяки вітру, повітряні потоки підіймають дрібні частки корисної копалини з поверхонь доріг, складів. Видобувними підприємствами нашої країни в атмосферу щорічно потрапляє десятки тисяч тон мінерального пилу [2].

При перевезенні корисних копалин відкритим способом основним джерелом виділення пилу є здування зустрічним потоком вітру пилу з верхнього шару вантажу і залізничного полотна.

Міжнародний стандарт ISO 9001[3] зобов'язує гірничовидобувні підприємства, що перевозять свою продукцію забезпечити безпеку працівникам і оточуючого середовища за рахунок мінімізації пиління.

Згідно з існуючими міжнародними стандартами [2], гірничодобувні підприємства, що транспортують свою продукцію (залізорудний концентрат, аглоруду та ін) зобов'язані забезпечити безпеку персоналу і навколишнього середовища, тобто звести пило виділення до мінімуму.

Одним із напрямів забезпечення техносферної безпеки під час транспортування та зберігання сипучих вантажів за рахунок зниження пилоутворення є застосування різних технологій методів пилопригнічення. У зв'язку з цим розроблення та впровадження сучасних екологічно безпечних методів пилопригнічення знизить виробничі та екологічні ризики, що нині є актуальним завданням.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ ВІД ВИКИДІВ ДРІБНОДИСПЕРСНОГО ПИЛУ

1.1 Дослідження дії мінерального пилу на здоров'я людини та техносередовище.

Головним забруднювачем пилом атмосфери завжди була і є промисловість. В мирний час, до початку повномаштабної війни, тобто при провній роботі промисловості, в атмосферу країни потрапило (2019р.) 334, 7 тис.т шкідливих речовин. Зі стаціонарних джерел - трошки більше 310 тис.т (92,7 %) [4].

Найбільш негативно впливовими шкідливими речовинами на організм людини є дрібні часточки твердих та рідких речовин, діоксид вуглецю, оксиди азоту, формальдегід, фенол, хлористий водень, фтористий водень, сірководень. Тонкодисперсні частинки впливають найбільш негативно, так як вони знаходяться у вигляді “псевдоаерозолі”, тобто постійно у плануючому стані і не осідають, залишаючись в атмосфері, звідки не видаляються ні з опадами, ні по іншому.

За науковими дослідженнями Бузникова великі накопичення пилових хмар знаходяться на достатньо великій висоті над поверхнею Землі (10-20км). Наприклад, над північною частиною Атлантичного океану скуплені “поклади” пилових частинок, утворених промисловістю Європи. Внаслідок таких “пилових покладів” відбивається сонячне світло і у разі збільшення пилових частинок в атмосфері, може викликати аномальне зменшення температури у нижчих шарах атмосфери [5].

Глобальні температури нині приблизно на 1,2 °C вищі, ніж рівні 1850 року, і наближаються до потепління, яке вчені вважають катастрофічним. Але це збільшення було б приблизно на 0,1 °C вищим, якби не збільшення глобального атмосферного пилю, згідно з дослідженням, опублікованим у Nature Reviews Earth and Environment [7].

Таким чином, зниження обсягу забруднюючих речовин, у тому числі твердих часточок розміром PM10 (до 10мкм) та PM2,5 (2,5мкм) і заходи для зменшення їх руйнівного впливу на стан здоров'я людей та техносферу є важливим завданням.

За складом мінеральний пил різниться, найбільшу частину зазвичай становлять оксиди кремнію та алюмінію (алюмосилікати). У глинистих ґрунтах більше алюмінієвих сполук, піщані являють собою майже чисті крем'янисті субстрати. Велике значення мають домішки. Так, під час видобутку мідних руд значну частину піднятого технікою аерозолі становлять сульфіді або більш складні сполуки міді.

Для людини дуже шкідливі найдрібніші тверді частинки, незалежно від складу. За нормативами, до мінерального пилю належить фракція розмірами 1-100 мкм. Але частинки діаметром 1 мкм значно небезпечніші, оскільки проникають у глибокі відділи легень, аж до альвеол. Порівняно великі (близько 100 мкм) краще затримуються у верхніх дихальних шляхах і відхаркуються з мокротою.

Деякі мінерали становлять підвищену небезпеку через наявність важких металів (мідь, свинець). Деякі сполуки досить добре розчиняються, таким чином метали надходять в організм.

З іншого боку, практично нерозчинний мінеральний пил спричиняє захворювання, які належать до групи пневмоконіозів. Включення, що не вийшли назовні з легень, заростають сполучною тканиною, утворюються стійкі вузлики. Знижується повітряність легеневої тканини, приєднується хронічне запалення. Через кілька років праці працівник може набути інвалідності [6].

Забруднення навколишнього середовища включає різноманітні типи речовин, проте найбільш значущими є тверді частинки та озон. Концентрація твердих частинок зазвичай вимірюється відповідно до кількості частинок із діаметром, що не перевищує певну межу. Зазвичай вивчають частинки з діаметром менше 2,5 мкм ($PM_{2,5}$) та менше 10 мкм (PM_{10}). Це дослідження зосереджене на $PM_{2,5}$, хоча аналіз також можна адаптувати для інших параметрів, таких як PM_{10} або комплексні індекси. Джерела частинок $PM_{2,5}$ можуть бути як антропогенні (використання палива на електростанціях, в промислових об'єктах, в транспорті та системах опалення), так і природні (наприклад, степові пожежі чи вулканічний пил). Завдяки дуже малим розмірам, частинки $PM_{2,5}$ можуть перебувати в атмосфері значний час.

Якість повітря можна оцінювати за допомогою одного показника, як-от концентрація $PM_{2,5}$, або за допомогою комплексних індексів, які враховують різні чинники, що впливають на стан повітря, включаючи $PM_{2,5}$ та інші елементи. Наприклад, в США використовується індекс якості повітря (AQI), який оцінюється за шкалою до 500 балів на основі концентрацій твердих частинок, приземного озону, окису вуглецю, двоокису сірки та діоксиду азоту. AQI поділяється на шість категорій: небезпечний - темно-бордовий, дуже шкідливий - фіолетовий, шкідливий - червоний, небезпечно для чутливих груп - помаранчевий, помірний - жовтий, добре — зелений (табл. 1) [8].

1.2 Дослідження забруднення повітря пилом $PM_{2,5}$

За даними світової спільноти, середній рівень $PM_{2,5}$ в нашій країні у 2011р. становив 24,1 мкг/м³. В наступні роки зафіксовано зниження — до 20,3 у 2019р. Хоча це значення порівнянне з багатьма іншими європейськими країнами, воно все ще значно перевищує рекомендовану ВООЗ межу в 5 мкг/м³, за умови, що середньодобовий рівень не повинен перевищувати 15 мкг/м³ більше ніж 3-4 дні

на рік. В Україні 100% населення піддається впливу концентрацій $PM_{2.5}$, що перевищують рекомендовані ВООЗ норми. У Європі та Центральній Азії даний показник становить 85% у 2017 році, і зменшився з 94% зафіксованого раніше [9].

Дані про якість повітря з 2019 по початок 2022 року були доступні для 7 з 10 найбільших міст, з найбільшою кількістю вимірювальних станцій Дніпрі (16 станцій), у Києві (13 станцій) та . Інші міста, для яких є дані, включають Кривий Ріг, Запоріжжя, Львів [8].

Таблиця 1 - Рівні небезпеки для здоров'я, пов'язані з якістю повітря, відповідно до індексу якості повітря (AQI) Агентства з охорони навколишнього середовища США. У таблиці показані рівні небезпеки для здоров'я та відповідні діапазони концентрації твердих частинок у навколишньому середовищі діаметром $<2,5$ мкм ($PM_{2.5}$) та показник AQI.

Показник $PM_{2.5}$ (мкг/м ³)	AQI	Рівень небезпеки для здоров'я
0.0-12.0	0-50	Хороший
12.1-35.4	51-100	Помірний
35.5-55.4	101-150	Нездоровий для чутливих груп
55.5-150.4	151-200	Нездоровий
150.5-250.4	201-300	Дуже нездоровий
250.5-	301-500	Небезпечний

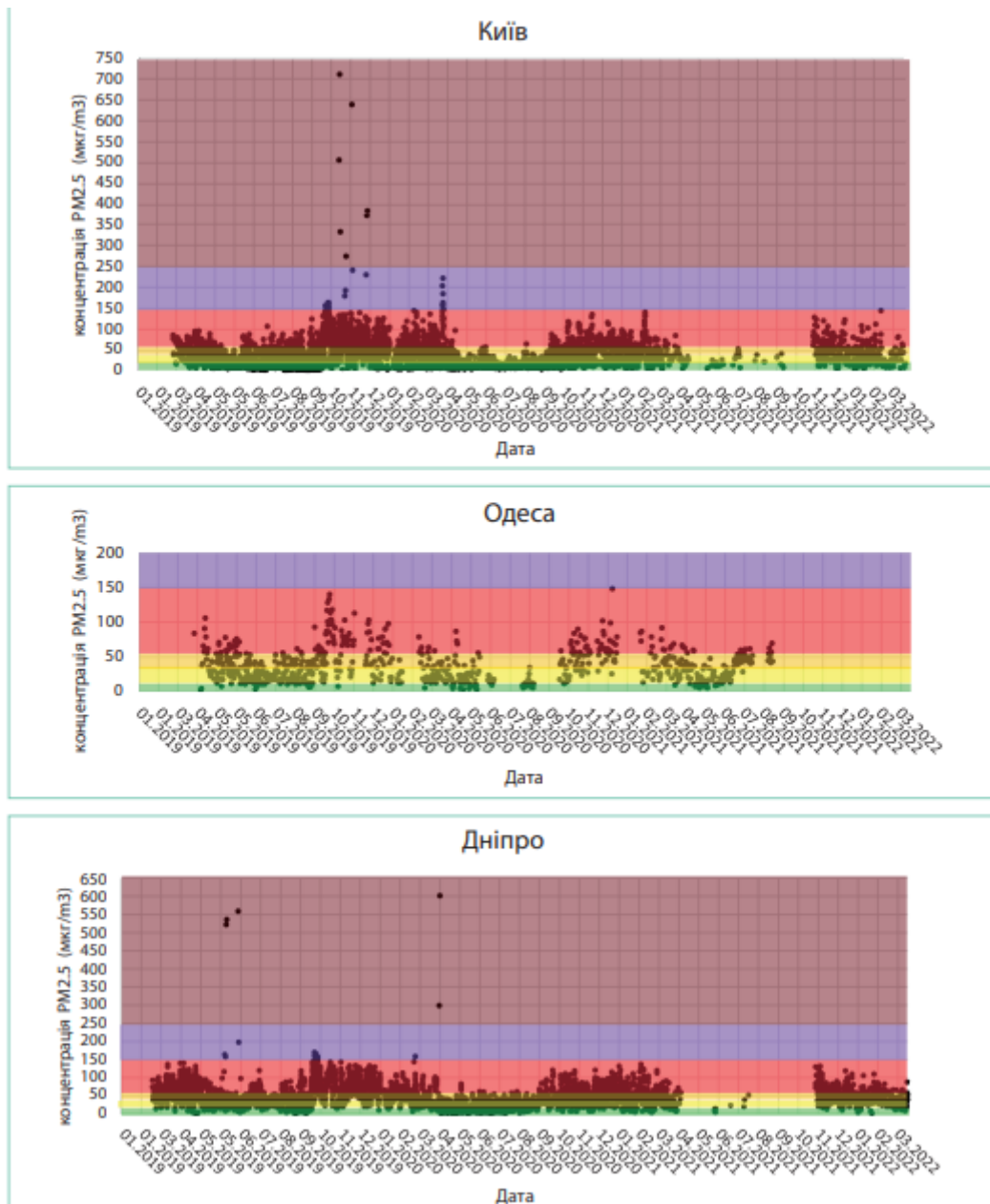
Середні значення були обчислені у два прийоми: спочатку визначалися середні показники для кожного календарного місяця (об'єднуючи роки), далі - середнє значення для 12 місяців. Цей підхід дозволяє зменшити систематичні помилки, які можуть виникати через відсутність даних, оскільки якість повітря варіюється залежно від пори року. Найвищі середні показники були зафіксовані у Львові (61,8 мкг/м³) та Маріуполі (60,5 мкг/м³)[9], проте ці дані слід трактувати з

обережністю, оскільки ці міста мали найменшу кількість вимірювань. Київ мав найменше середнє значення — 39,5 мкг/м³. Показники, що відповідають нездоровій категорії (червоний рівень >55,5 мкг/м³), зазвичай спостерігалися в усіх містах протягом року. У Кривому Розі та Запоріжжі вміст пилу також регулярно перевищувала поріг 150 мкг/м³ (який відповідає фіолетовому рівню, тобто дуже нездоровому) у зимовий період (рис. 1.1).

За даними GBD, кількість смертей та показників DALY, що пов'язані із забрудненнями повітря твердими частинками, зросла на початку 90-х років, досягнувши пікових значень — 85 000 смертей та 2,0 мільйона DALY, пов'язаних з АРМ. Однак з того часу вплив забруднення повітря на здоров'я поступово зменшувався: у 2019 році кількість смертей та DALY, асоційованих із АРМ, становила 42,9 тис. та 953,5 тис. відповідно [8]. Загальний рівень смертності в Україні залишався стабільним протягом багатьох років, коливаючись від 500 тис. до 600 тис. випадків на рік, а за рік, дані DALY становив близько 11–12 млн. Це свідчить, що в середині 90-х років приблизно 1/5 частина всіх смертей була спричинена забрудненням повітря. Наразі цей показник знизився до близько 10%.

Більше половини смертей, пов'язаних із АРМ були безпосередньо спричинені ішемічною хворобою серця, що складає 29 тис. смертей і 593,7 тис. DALY (табл.1.2). Серед інших основних причин можна виділити рак трахеї, бронхів та легень, інсульт, ХОЗЛ [9]. На поширеність цих захворювань також впливають різні супутні фактори. Одним із найважливіших є куріння, яке є відомим фактором ризику для серцево-судинних захворювань, раку легень та респіраторних хвороб. Крім того, інші фактори способу життя значно сприяють розвитку цих захворювань в Україні. Наприклад, серцево-судинні хвороби пов'язані з певними дієтичними звичками, які можуть бути тісно пов'язані з використанням свинячого сала та високим рівнем ожиріння, що становить 24,1%

в Україні — одним із найвищих показників у Європі. На рис. 1.2 показано додаткову частку популяційного ризику всіх факторів ризику для ішемічної хвороби серця. Внесок забруднення повітря значно менший порівняно з харчовими факторами та курінням, але все ж залишається на помітному рівні. Найбільший внесок серед факторів ризику мають метаболічні фактори, зокрема високий кров'яний тиск, хоча можна припустити, що вони, принаймні частково, пов'язані з іншими чинниками ризику та кінцевим результатом [8].



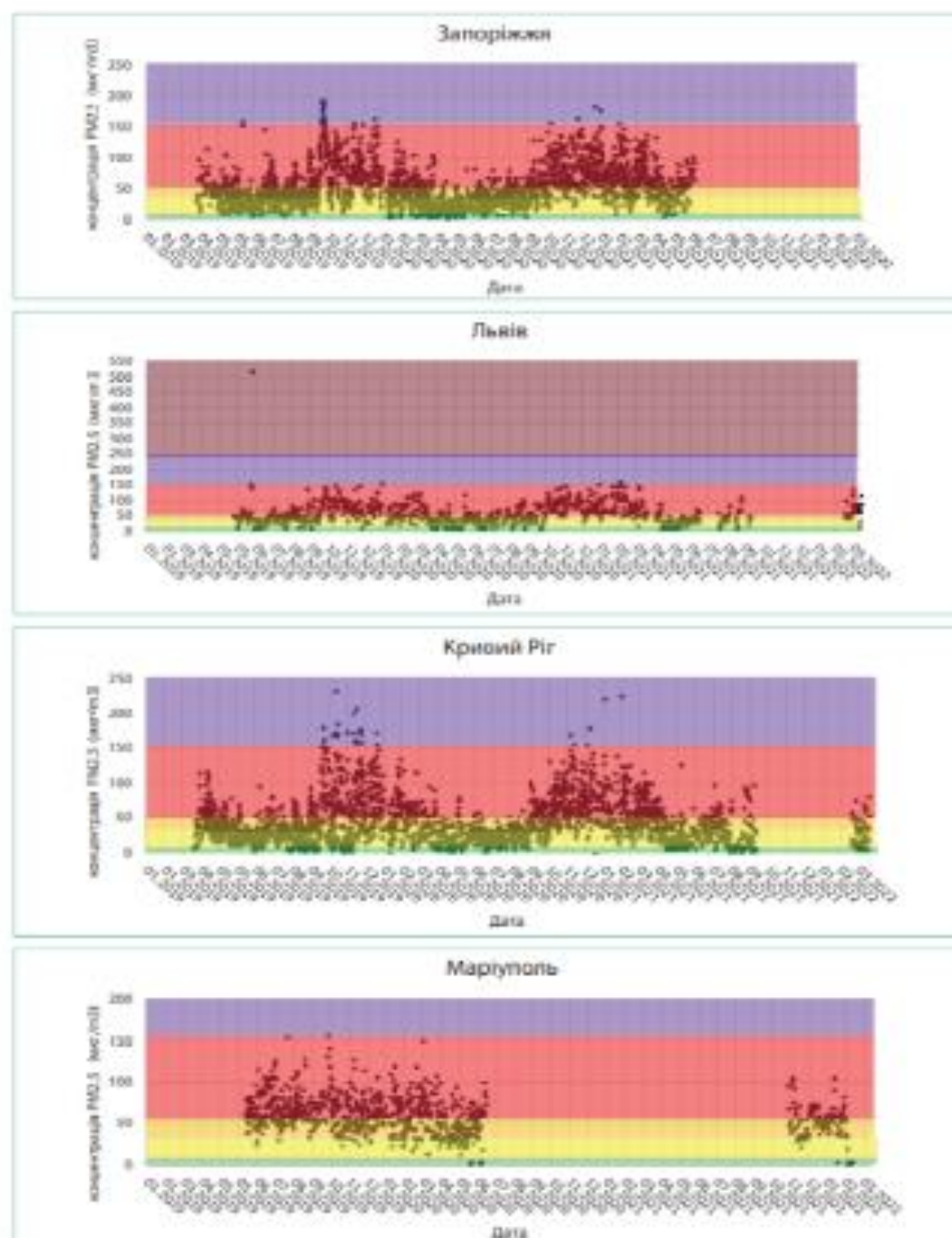


Рисунок 1.1 Концентрація твердих частинок діаметром $<2,5$ мкм ($\text{PM}_{2.5}$) у семи обраних містах України. Дані були зібрані з усіх доступних вимірювальних станцій у відповідних містах на платформі історичних даних щодо якості повітря [10]. Кольори стосуються класифікації Індексу якості повітря

Таблиця 1.2 - Т Смертність і DALY, пов'язані з впливом атмосферних твердих частинок діаметром $\leq 2,5$ мкм внаслідок прямої причини у 1995, 2010 та 2019 роках.

	Смертність			DALYs		
	1995	2010	2019	1995	2010	2019
Ішемічна хвороба серця	37 731	36 830	29 464	808 556	728 000	593 684
Інсульт	20 490	12 686	9 644	466 244	286 607	227 745
Хронічне обструктивне захворювання легень	4 919	1 556	1 089	118 013	39 603	27 260
Цукровий діабет 2 типу	564	334	300	38 185	36 412	30 797
Рак трахеї, бронхів та легень	4 420	1 924	1 716	123 772	49 773	45 497
Інші неінфекційні захворювання	3	1	1	281	123	65
Інфекції нижніх дихальних шляхів	875	670	621	32 373	22 697	21 268
Інші інфекційні захворювання	7	1	1	640	138	69
Неонатальні розлади	254	146	80	22 568	13 003	7 118
Загалом	69 261	54 150	42 916	1 610 631	1 176 356	953 502

1.3 Дослідження впливу забрудненого атмосферного повітря на захворюваність та смертність

Забруднення атмосферного повітря безпосередньо впливає на здоров'я людей та працівників підприємств, збільшуючи ймовірність розвитку різних хвороб, що, у свою чергу, є основними причинами захворюваності та смертності. Як зазначено в попередньому розділі, захворювання, які пов'язані з забрудненням повітря, включають серцево-судинні хвороби (такі як інсульти та інфаркти), рак легень, бронхів та, найпростіше, респіраторні хвороби. Для оцінки впливу забруднення повітря та потенціалу його профілактики необхідно врахувати частоту цих захворювань і вплив як забруднення повітря, так і інших чинників на їх розвиток.

Було розроблено моделі для 6 основних захворювань, які, як з'ясовано, тісно пов'язані із екологічним забрудненням пилом: захворювання нижніх дихальних шляхів, ХОЗЛ, рак трахеї, бронхів та легень інсульт, ішемічна хвороба інфекції, цукровий діабет II типу. Відносні ризики, що були визначені у дослідженні GBD, було проаналізовано графічно для перевірки лінійності та необхідності застосування функції перетворення (рис. 1.3). Розглянуто значення до концентрації $PM_{2.5}$ на рівні 150 [9].

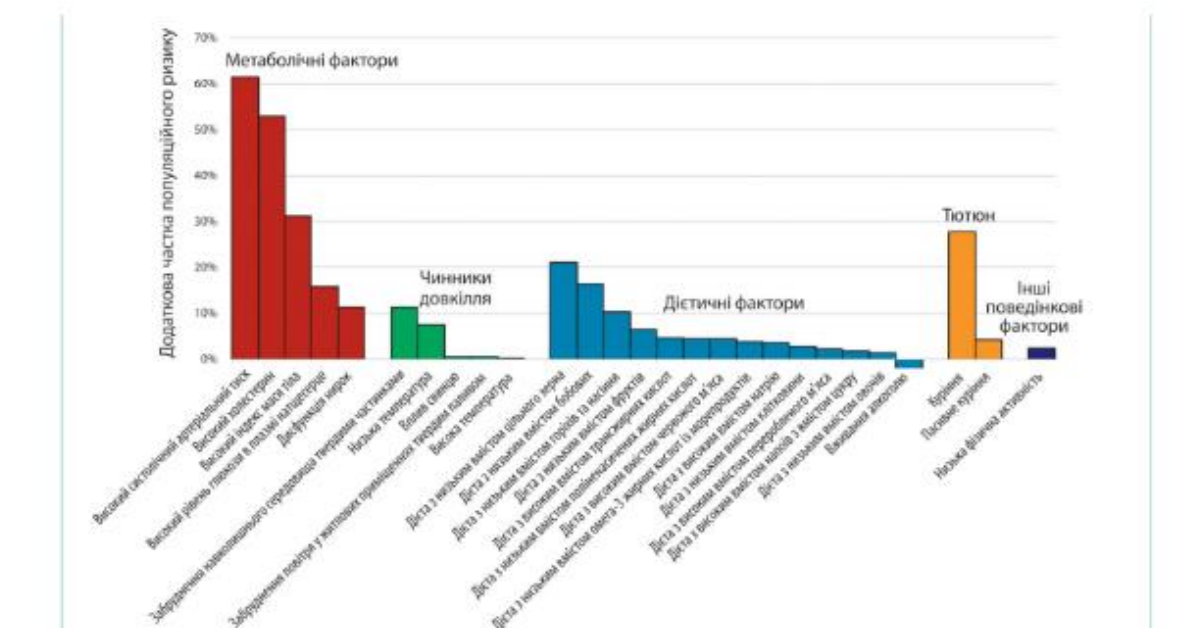


Рисунок 1.2 - Фактори ризику, що впливають на кількість років життя з поправкою на інвалідність, втрачених через ішемічну хворобу серця у 2019 р.:
додаткова частка популяційного ризику

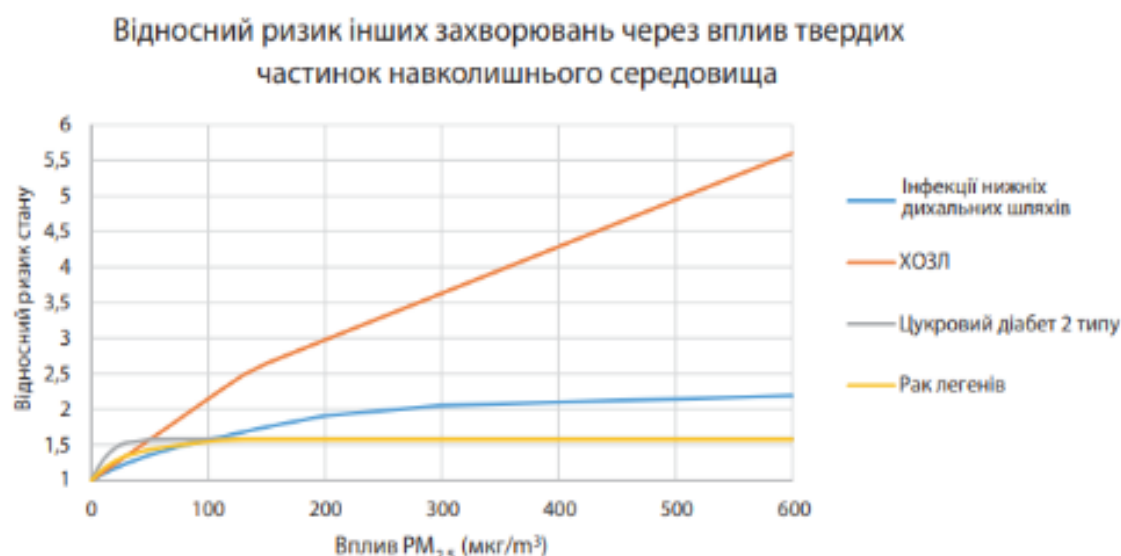
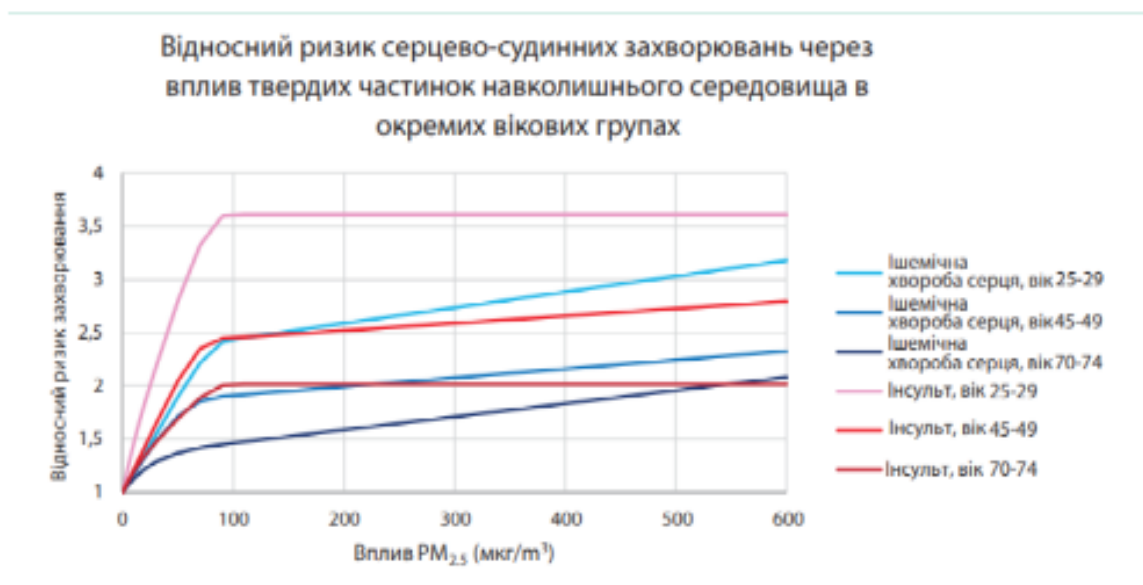


Рисунок 1.3. Відносний ризик серцево-судинних захворювань (верхня панель) та інших станів (нижня панель). Джерело: вихідна база даних «Глобальний тягар хвороб» [11]. Для серцево-судинних захворювань відносні ризики надано для 5-річних вікових груп від 25 років і старше (для ясності показано лише три вікові групи). ИHD, ішемічна хвороба серця; ХОЗЛ, хронічна обструктивна хвороба легень; $PM_{2.5}$, концентрація твердих частинок діаметром $<2,5$ мкм. Примітка: рак легень включає також рак трахеї та бронхів.

Для інфекцій нижніх дихальних шляхів, ХОЗЛ, та цукрового діабету II типу визначено окремий відносний ризик, який застосовується до усіх вікових груп. Для ХОЗЛ виявлено приблизно лінійний зв'язок визначений після будови графіків відносних ризиків залежно від вмісту пилу $PM_{2.5}$, що дозволяє використовувати таку концентрацію як безперервну змінну в регресійній моделі. До ІНД була зафіксована спадна крива, що наближалася до функції квадратного кореня, тому для цього типу інфекцій було обрано перетворення квадратного кореня концентрації $PM_{2.5}$ для включення в регресійну модель. Такий же підхід було застосовано й для раку легень.

Щодо інсульту та ішемічної хвороби серця, відносні ризики наведені для кожної п'ятирічної вікової групи, починаючи з 25р. і до 95р. і забезпечило достатньо хорошу лінійність для обох захворювань і всіх вікових груп, хоча між віковими групами були деякі відмінності. Вікові відносні ризики будуть враховані в моделі з використанням умов взаємодії. Для діабету типу II логарифмічне перетворення призвело до високої лінійної кривої [9].

Як з'ясовано, куріння є основним супутнім фактором, що пов'язаний із усіма 6 хворобами. На цукровий діабет, ІХБ, інсульт впливали інші чинники, такі як фізична активність, харчування, спілкування з природою та метаболічні чинники та. Співфактори, які були включені в кожну модель, наведені в Таблиці 1.3.

У табл. 1.4 наведена частота (в абсолютних числах) шести захворювань у 7 змодельованих містах, використовуючи дані про населення за 2022 рік. Сценарії відображають поточний рівень $PM_{2.5}$ та найбільші порогові значення для зеленої (хороша) категорій, жовтої (помірна), помаранчевої (нездорова для деяких груп). Самий великий потенціал для зменшення захворюваності спостерігається при інсульті (зниження $PM_{2.5}$ до хорошого рівня, що дозволяє запобігти від 21% до 33% нових випадків) та ХОЗЛ (запобігає від 21-34% нових випадків). Це означає,

що в Києві, наприклад, можна уникнути близько 2200 випадків інсультів і 1700 випадків ХОЗЛ на рік.

Таблиця 1.3 - Співфактори, включені до регресійних моделей для кожного результату щодо здоров'я. Так - змінна включена; А - термін взаємодії з віком включено; S - термін взаємодії зі статтю включено

	ІНД	Інсульт	ХОЗЛ	Нижні дих.	Рак легенів	Цукровий діабет 2 типу	Джерело поширеності
Вік	так	так	так	так	так	так	(16)
Стать	так	так	так	так	так	так	(16)
PM _{2.5}	так ^a А	так ^a А	так	так ^b	так ^b	так ^c	(3,14)
Куріння	так AS	так AS	так	так	так	так	(19)
Фізична бездіяльність	так	так				так	(18)
Дієта з низьким вмістом фруктів	так	так			так	так	(17)
Дієта з низьким вмістом овочів	так	так					(17)
Дієта з низьким вмістом цільного зерна	так	так				так	(17)
Дієта з низьким вмістом горіхів/насіння	так	так				так	(17)
Дієта з високим вмістом червоного м'яса	так	так				так	(17)
Дієта з високим вмістом переробленого м'яса	так	так				так	(17)
Дієта з високим вмістом напоїв з вмістом цукру	так	так				так	(17)
Дієта з низьким вмістом клітковини	так	так				так	(17)
Дієта з низьким вмістом омега-3 жирних кислот із морепродуктів	так	так					(17)
Дієта з низьким вмістом бобових	так	так					(17)
Високий рівень глюкози у плазмі	так	так					(18)
Високий рівень холестерину LDL	так	так					(18)
Високий систолічний артеріальний тиск	так	так					(18)
Високий BMI	так	так				так	(18)

ІНД, ішемічна хвороба серця; ХОЗЛ, хронічне обструктивне захворювання легень; Нижні дих. = інфекції нижніх дихальних шляхів; PM_{2.5} концентрація твердих частинок діаметром <2,5 мкм; LDL, ліпопротеїн низької густини; BMI, індекс маси тіла
^aСтупеневе перетворення з показником ступеня 0,7; ^bПеретворення квадратного кореня; ^cЛогарифмічне перетворення.

Найбільше абсолютне зниження відбулося для інфекцій нижніх дихальних шляхів, які мають найвищу захворюваність серед цих 6 хвороб. Зменшення до нижчого рівня дозволить запобігти близько 2,5тис. респіраторних захворювань у Києві, а в Запоріжжі, незважаючи на менше населення, зниження буде ще

більшим — 2800 випадків. Зниження до хорошого рівня запобігло б більше ніж 20 000 випадків у Києві. Результати по поширеності схожі, оскільки більшість коефіцієнтів регресії (за винятком віку та статі) залишалися незмінними порівняно з даними щодо захворюваності.

Довгострокові прогнози, що представлені на рис. 1.4, демонструють, як поступове зниження рівня до цільових 5 мкг/м³, встановлених ВООЗ, може знизити щорічну захворюваність на інсульт і інфекції нижніх дихальних шляхів більше ніж на 10% протягом наступних десяти років. У той же час, користь від запобігання раку легень мінімальна, оскільки на цей стан значно впливає куріння.

Таблиця 1.4 - Прогноз нових випадків захворювання на шість включених станів здоров'я в окремих містах України за рік. Значення засновані на ситуації у 2022 році. Вихідний рівень: вплив PM_{2.5}, як у даних; інші сценарії: вплив PM_{2.5} знизився до заданого рівня |

	Київ	Одеса	Дніпро	Запоріжжя	Львів	Кривий Ріг	Маріуполь
Населення	2 962 180	1 015 826	983 515	722 713	753 827	615 492	452 542
Ішемічна хвороба серця							
Базовий рівень	10 367	3 596	3 661	2 811	3 088	2 277	1 838
PM _{2.5} < 55.5 мкг/м ³	-	-	-	-	2 956	-	1 775
PM _{2.5} < 35.5 мкг/м ³	10 047	3 446	3 336	2 451	2 557	2 088	1 535
PM _{2.5} < 12.0 мкг/м ³	8 185	2 807	2 718	1 997	2 083	1 701	1 250
Інсульт							
Базовий рівень	8 382	2 911	2 987	2 314	2 573	1 856	1 528
PM _{2.5} < 55.5 мкг/м ³	-	-	-	-	2 438	-	1 464
PM _{2.5} < 35.5 мкг/м ³	8 097	2 777	2 688	1 976	2 061	1 682	1 237
PM _{2.5} < 12.0 мкг/м ³	6 650	2 281	2 208	1 623	1 692	1 382	1 016
Хронічне обструктивне захворювання легень							
Базовий рівень	8 382	2 911	2 987	2 314	2 573	1 856	1 528
PM _{2.5} < 55.5 мкг/м ³	8 382	2 911	2 987	2 314	2 438	1 856	1 464
PM _{2.5} < 35.5 мкг/м ³	8 097	2 777	2 688	1 976	2 061	1 682	1 237
PM _{2.5} < 12.0 мкг/м ³	6 650	2 281	2 208	1 623	1 692	1 382	1 016
Інфекції нижніх дихальних шляхів							
Базовий рівень	171 546	59 145	58 604	43 918	46 839	36 575	28 017
PM _{2.5} < 55.5 мкг/м ³	171 546	59 145	58 604	43 918	45 972	36 575	27 598
PM _{2.5} < 35.5 мкг/м ³	168 995	57 954	56 110	41 231	43 006	35 114	25 818
PM _{2.5} < 12.0 мкг/м ³	151 239	51 865	50 215	36 899	38 488	31 425	23 105
Рак трахеї, бронхів і легенів							
Базовий рівень	1 265	434	421	310	325	264	195
PM _{2.5} < 55.5 мкг/м ³	1 265	434	421	310	324	264	194
PM _{2.5} < 35.5 мкг/м ³	1 262	433	419	308	321	262	193
PM _{2.5} < 12.0 мкг/м ³	1 245	427	413	304	317	259	190
Цукровий діабет 2 типу							
Базовий рівень	5 463	1 881	1 852	1 379	1 459	1 157	874
PM _{2.5} < 55.5 мкг/м ³	5 463	1 881	1 852	1 379	1 442	1 157	865
PM _{2.5} < 35.5 мкг/м ³	5 399	1 852	1 793	1 317	1 374	1 122	825
PM _{2.5} < 12.0 мкг/м ³	4 809	1 649	1 597	1 173	1 224	999	735

PM_{2.5} концентрація твердих частинок діаметром < 2,5 мкм

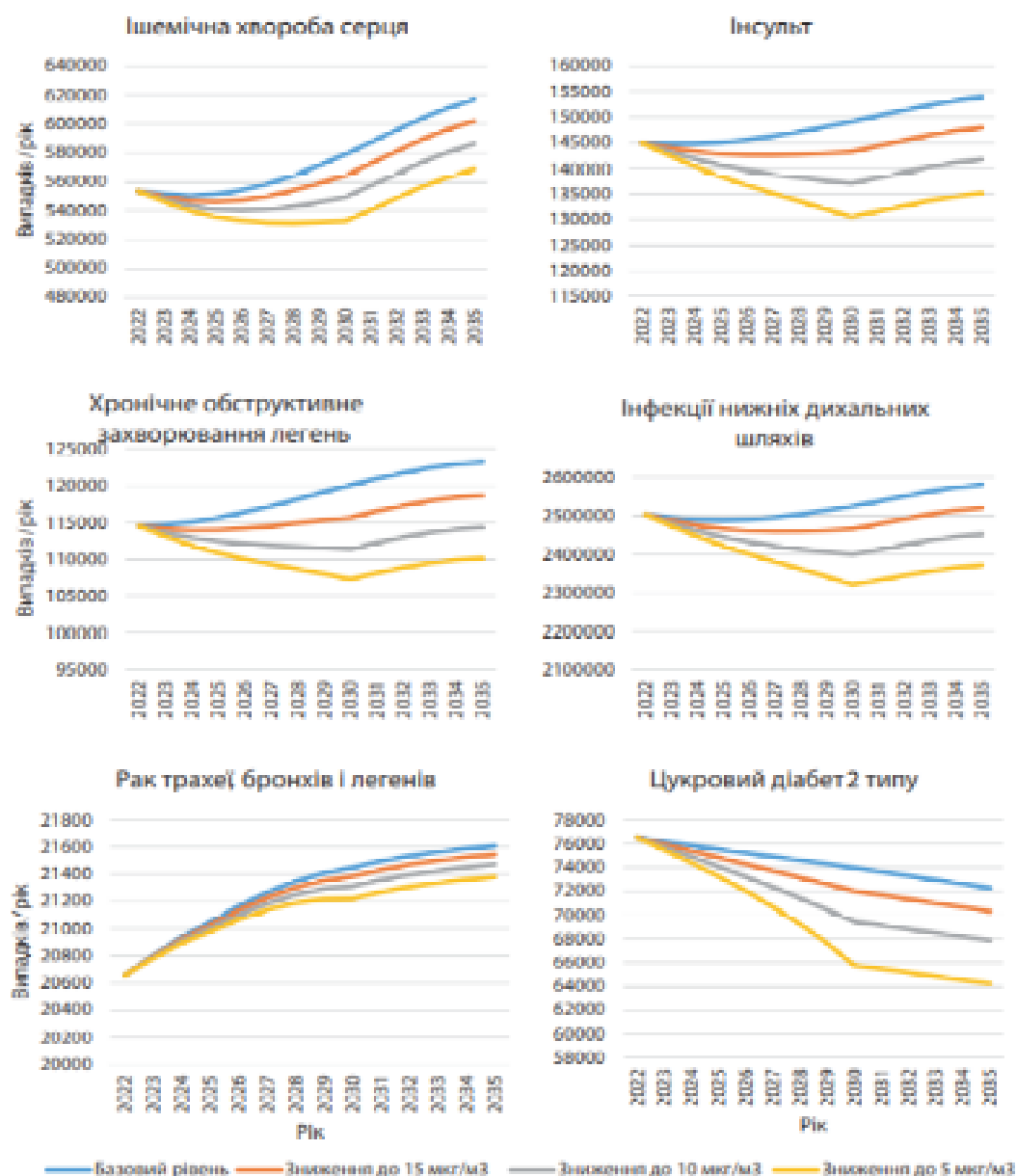


Рисунок 1.4 - Прогноз нових випадків шести станів здоров'я на рік в Україні за чотирма сценаріями. Базовий рівень - концентрація твердих частинок діаметром $<2,5$ мкм ($PM_{2.5}$) залишається на середньому рівні ($20,3 \text{ мкг/м}^3$). Зниження $PM_{2.5}$ до заданих рівнів здійснюється поступово протягом періоду 2022-2030 рр., після чого значення залишиться незмінним. Зауважте, що шкала по осі Y не починається з нуля.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИДІЛЕННЯ ПИЛУ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ СИПУЧИХ ВАНТАЖІВ (ГІРНИЧИХ ПОРІД) ЗТ .

2.1. Дослідження джерел виділення пилу при перевезенні сипучих вантажів ЗТ

Головні джерелами виділення пилу під час транспортування видобутої гірської маси з місць видобутку до використання є вивітрювання пилу від потоку повітря з поверхні сипучих порід, що знаходяться в транспортних засобах та просипи з залізничних напіввагонів та думпкарів.

Просипи з транспортних засобів можуть досягати значних обсягів. Навіть за допомогою візуального огляду залізничного полотна можна чітко визначити, який саме вантаж перевозиться, зокрема, вугіль. Шар вугля або залізної руди, що висипається, може бути досить товстим — до кількох десятків міліметрів. Основною причиною просипу є недоліки в конструкції днища та стінок залізничних напіввагонів. У таблиці 2.1 приведені деякі дані, що отримані при повторному зваженню залізної руди, що перевозиться деякими залізничними напіввагонами. З цих даних видно, що за 140 км маршруту загальні втрати руди через просипи та пилове вивітрювання становили 16,55 т [12].

Гірнична маса, що випадає через щілину, потрапляє під вплив повітряного потоку, що утворюється під транспортним засобом. Дрібні пилоподібні частинки зносяться вітром, в той час як більші частинки осідають на залізничному полотні, де поступово накопичуються. У суху та вітряну погоду пил з поверхні гірничої маси здувається, що призводить до забруднення атмосфери.

Іншим джерелом пилового забруднення є здування пилу з поверхні гірничої маси, що знаходиться в піввагоні під час руху транспорту. Кількість пилу, що здувається, залежить від суми швидкості вітру та залізничного складу, складу фракцій гірської маси, її вологості, часу транспортування вантажу та інших факторів, і може досягати значних величин.

Таблиця 2.1 - Втрати залізної руди з негерметизованих залізничних напіввагонів

№	№вагонів	Маса відправленого вантажу, т	Маса отриманого вантажу, т	Втрати вантажу, т / %
1	65326357	69,0	67,9	1,1/1,60
2	66962325	69,0	68,2	0,8/1,16
3	67165068	69,0	67,8	1,2/1,74
4	65375180	65,0	64,6	0,4/0,61
5	6792265	69,0	67,4	1,6/2,30
6	67373183	69,0	68,9	0,1/0,14
7	67566539	69,0	67,3	1,7/2,46
8	64287501	65,0	65,0	0/-
9	67569053	69,0	68,1	0,9/1,13
10	67388117	69,0	68,2	0,8/1,16
11	64834757	65,0	64,2	0,8/1,23
12	67674143	70,0	69,8	0,2/0,28
13	64545551	66,0	65,2	0,8/1,21
14	67603613	69,0	68,7	0,3/0,43
15	63555015	65,0	64,6	0,4/0,61
16	65723652	65,0	64,4	0,6/0,92
17	64788607	65,0	64,8	0,2/0,31
18	67894659	69,0	68,9	0,1/0,14
19	67611939	69,0	68,8	0,2/0,29
20	66010802	65,0	64,1	0,9/1,38
21	67985864	69,0	68,9	0,1/0,14
22	67591339	69,0	68,4	0,6/0,87
23	67705707	69,0	68,5	0,5/0,72
24	63462414	65,0	64,4	0,4/0,61
25	68508848	65,0	64,95	0,05/0,08
26	67664730	70,0	69,9	0,1/0,14

Дослідження показали [13], що під час транспортування залізорудного концентрату основні втрати складаються з 65% через просипи та 35% через здування пилу. Відомо, що в легені людини потрапляють частинки пилу розміром не більше 10 мкм, а найнебезпечнішими є частки розміром менше 2,0 мкм. Такий пил може поширюватися на великі відстані від джерела виділення пилу і осідати в повітрі повільно, коли воно спокійне.

У таблиці 2.2 представлений дисперсний склад порід, руд, пилу Криворізького басейну [14]. З цієї таблиці видно, що у пилових фракціях руд Криворізького басейну кількість пилу <2,5 мкм становить до 25,75% . При оцінці шкоди, яку може завдати пил для людини, важливим є його мінералогічний склад, який близький до складу розроблюваних гірських порід. Вміст вільного двоокису кремнію в рудах і породах Кривбасу коливається в межах 20-50%, що робить цей пил небезпечним для розвитку силікозу [14].

Обсяг пилу, що утворюється під час перевезення гірничої маси, значною мірою залежить від її вологості. З підвищенням вологості сипучих порід зменшується рівень пиловиділення, оскільки волога сприяє з'єднанню пилових частинок. Вологість гірничої маси, що відвантажується на кар'єрі ПГЗК, становить 3,6%.

Кількість пилу, що виділяється під час транспортування гірничої маси, значною мірою залежить від її вологості. Вища вологість сипучих матеріалів зменшує ймовірність пиловиділення, оскільки волога сприяє з'єднанню пилових частинок. Вологість вивантаженої гірничої маси в кар'єрі ПівдГЗК становить 3,6% [12].

При перевезенні сипучих антажів у відкритих вагонах вологість верхніх шарів залежить від погодних умов. За високої відносної вологості повітря (~100%) можна очікувати підвищення вологості верхнього шару сипучого вантажу.

Якщо ж відносна вологість повітря низька і вітровий потік активний, верхній

шар гірської маси втрачатиме вологу, що сприятиме збільшенню пиловиділення. Опади підвищують вологість маси, а взимку можуть призвести до її замерзання. Загалом вплив погодних умов на інтенсивність пиловиділення верхнього шару складованих сипучих порід потребує подальших досліджень [12].

Таблиця 2.2 - Дисперсний склад пилу, %

Розміри фракцій, мкм	Руди		Породи	
	Магнетитові	<u>Окислені</u>	<u>Сланци</u>	Вапняки
	($f^*=14-15$, $P=3,5$)	($f=13-15$, $P=33$)	($f=6-8$, $p=3,05$)	($f=6-8$, $P^*=2,7$)
50	0,15	0,40	2,40	635
40	5,25	5,25	5,25	732
25	26,00	7,25	39,75	6,75
16	32,15	30,50	3,75	20,12
10	10,25	13,75	225	23,25
6,3	5,25	10,75	1725	10,75
4,0	1,50	4,25	5,25	8,08
2,5	0,50	5,00	2,75	10,75
1,6	17,0	20,75	10,75	6,60

2.2 Аналіз досліджень процесу здування пилу з поверхні сипучого вантажу в залізничному напіввагоні

Сипучі вантажі (вугіль, аглоруда, щебінь та інші) транспортується залізничними піввагонами та думпкерами, де взаємодіють з повітряними потоками, які здіймають пилоподібні частки з поверхні гірничої маси, що потім розсіюються в атмосфері, забруднюючи навколишнє середовище. Транспортні засоби можуть бути заповнені сипучим вантажем (думпкери) або частково заповнені (напіввагони). Через велику щільність вантажів, піввагони зазвичай заповнюють менше 50%, що призводить до пиловиділення всередині піввагона. Механізм пиловиділення при повністю завантаженому піввагоні (або думпкері) був розглянутий раніше, де йшлося про прямий контакт гірської маси з повітряним потоком. У разі часткового завантаження піввагона виникають вихрові потоки повітря, які рухаються в різних напрямках і суттєво впливають на процес пиловиділення. Тепер розглянемо механізм здування пилу з неповністю завантаженого піввагона [12].

Якщо висота піввагона позначена буквою $H(m)$, висоту шару сипучого вантажу в піввагоні – буквою $h(m)$, а довжина піввагона - $L(m)$ [12] (рис. 2,1).

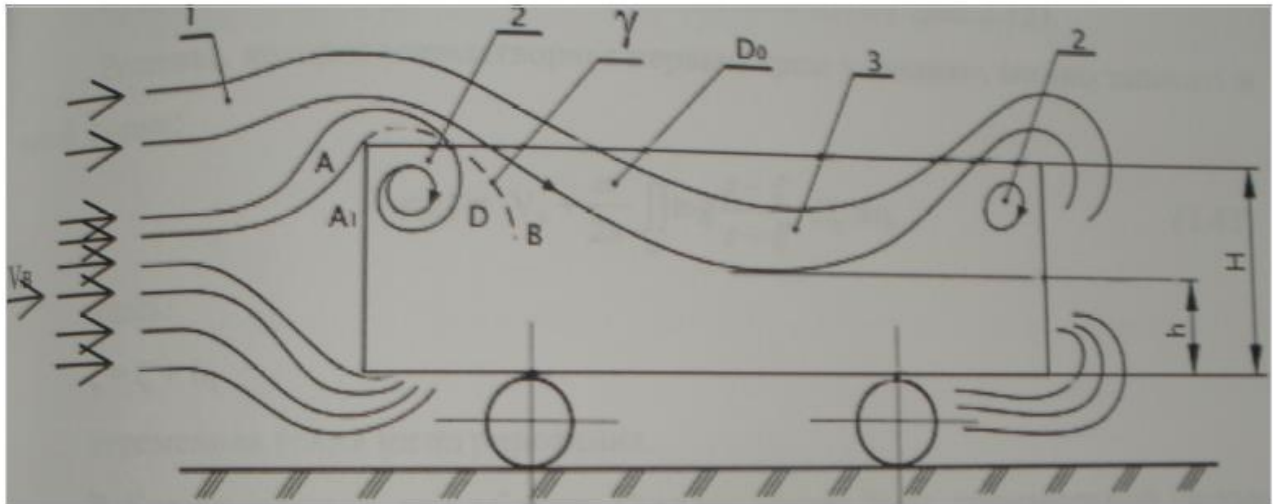


Рис. 2.1| - Обдування неповністю навантаженого рудою піввагона :1-зона підвищеного тиску; 2 - зона вихроутворення, 3 - зона «прямолінійного» течії.

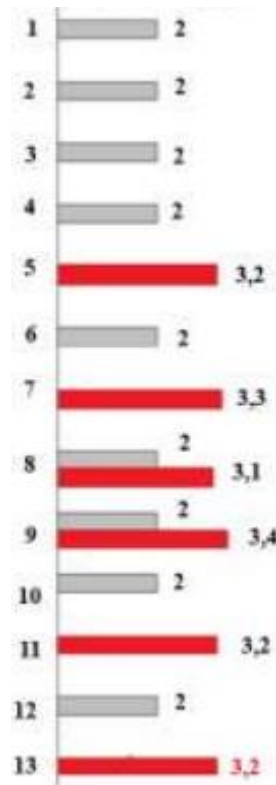
2.3 Дослідження сучасного стан пилопригнічення під час перевезення вугілля залізничним транспортом.

Удосконалення технологій видобутку вугілля та технічне удосконалення підприємств призводить до того, що за останні роки суттєво збільшилася частка видобутого вугілля.

Пиловий фактор призводить до розвитку багатьох негативних процесів, пов'язаних із розвитком професійних захворювань, необхідністю використання засобів індивідуального захисту працівників, а під час перевезення -до додаткових витрат на виключення процесу видування.

На рисунку 2.2 представлено результати аналізу спеціальної оцінки умов праці на робочому місці працівника залізничної станції [16].

Класи умов праці

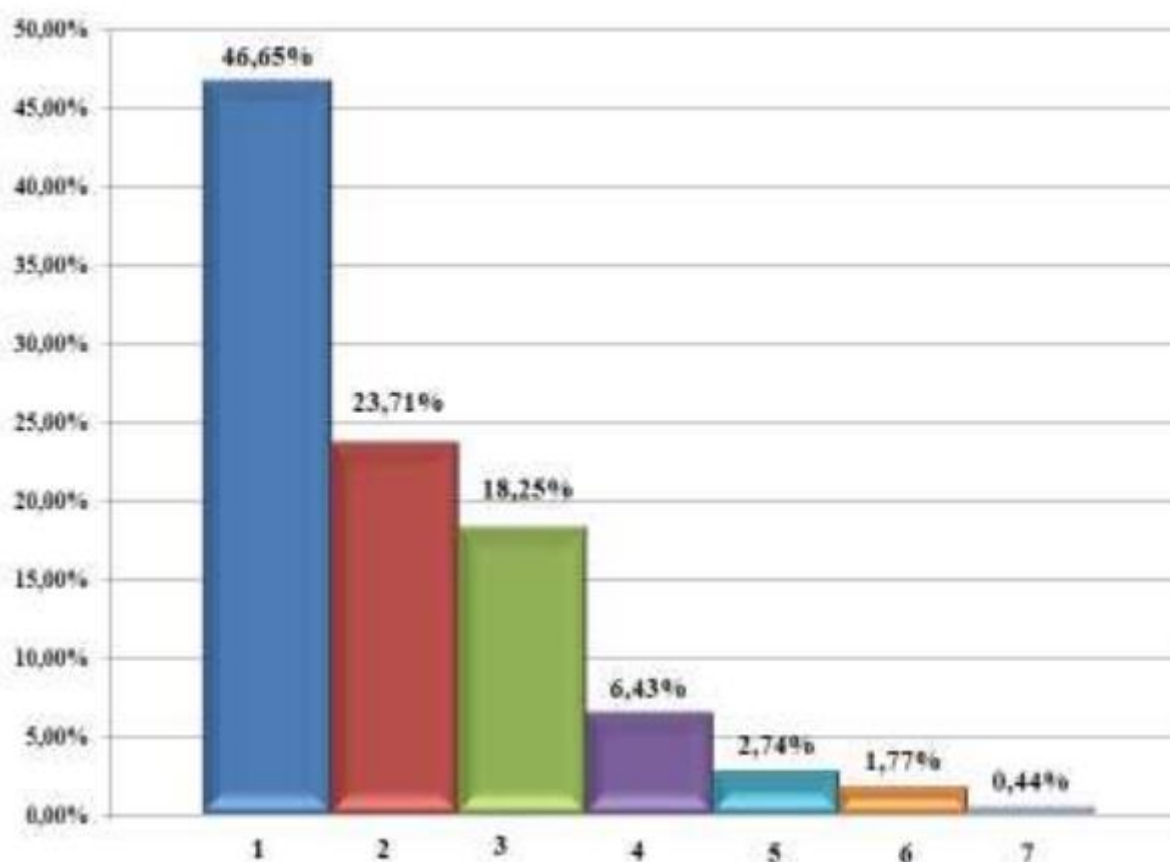


Виробничі фактори 1 - Фенол; 2 - Пил кремневісний (SiO_2 від 2 до 10%); 3 - Пил азбестовмісний (азбест до 10%); 4 - Шум під час роботи на перегоні; 5 - Шум під час роботи на базі РС; 6 - Вібрація локальна під час роботи на перегоні; 7 - Вібрація локальна під час роботи на базі РС; 8 - Мікроклімат у теплий період року 9 - Мікроклімат у холодний період року; 10 — Освітленість; 11- Тяжкість трудового процесу; 12 - Напруженість трудового процесу; 13 - Пиловий фактор

Рисунок 2.2 – Класи умоа праці працівників, що приймають участь у Перевезенні та перевантаженні вугілля.

Результати аналізу вказують, що за такими факторами, як шум, вібрація, мікроклімат, важкість трудового процесу і пиловий фактор, клас умов праці становить від 3,2 до 3,4. На нашу думку, важко усунути саме пиловий фактор. Виробничі фактори, що перебувають у 3-му класі, такі як шум, вібрація, мікроклімат, важкість трудового процесу, можуть бути поліпшені за рахунок використання засобів індивідуального захисту, спеціального одягу та впровадження сучасних технологій, захистом часом.

На рисунку 2.3 представлено розподіл професійних захворювань серед працівників. Основними видами захворювань, що виникають у результаті дії промислових аерозолів, є хронічний пиловий бронхіт (понад 20%), пневмоконіози (понад 21%) та хронічний обструктивний бронхіт. Особливу увагу слід звернути в цьому випадку на комплексний вплив шкідливих виробничих факторів. При цьому слід зазначити, що питома вага кількості вперше зареєстрованих професійних захворювань у працівників, пов'язаних із видобутком і перевезенням вугілля, становить понад 37%, що значно вище, ніж у працівників інших галузей промислових виробництв [16].



1 - Захворювання пов'язані з фізичним фактором; 2 - Захворювання пов'язані з фізичним навантаженням і перенавантаженням; 3 - Захворювання пов'язані з впливом промислових аерозолів; 4 - Захворювання пов'язані з впливом хімічних речовин; 5 - Захворювання викликані впливом біологічних факторів; 6 - Алергічні захворювання; 7 - Професійні новоутворення.

Рисунок 2.3 - Розподіл професійних захворювань, пов'язаних із впливом шкідливих виробничих факторів

На підставі аналізу результатів досліджень встановлено, що пиловий фактор має суттєвий вплив у формуванні захворювань органів дихання, які, своєю чергою, є найбільш захворювань органів дихання, які, своєю чергою, є найпоширенішими захворюваннями серед працівників транспорту (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Вплив шкідливих і небезпечних виробничих факторів на організм працівників, які беруть участь у вантажно-розвантажувальних роботах з вугіллям [17].

№ з/п	Найменування виробничого фактору	Нормативне значення, ГДК	Фактичне значення
1	Хімічні речовини, мг/м ³ , пара фенолу	0,3	0,1±0,007
2	Аерозолі переважно фіброгенної дії, мг/м ³	:	

	- кремневісний пил(SiO_2 від 2 до 10%);4,0	1,98±0,04
	-азбестовмісний пил (азбест до 10%);2,0	0,82±0,02
	-вугільний пил (вугілля до 15% 4,0-10,0	8,756
3	Шум (еквівалентний рівень звуку), дБА :	
	- на ремонтній ділянці залізничної колії;80	96,0±0,7
	- на перегоні	79±0,7
4	Вібрація локальна (еквівалентно-коригований рівень віброшвидкості, дБ) :112	
	-на ремонтній ділянці залізничної колії;	120±0,5
	- на перегоні	108±0.5
5	Кліматичні фактори (робота на відкритому повітрі):	
	- холодний період року;	Залежить від кліматичної зони
	- теплий період року	

Аналіз результатів досліджень виробничих факторів дав змогу встановити окремі перевищення гігієнічних нормативів факторів середовища проживання .

Екологічна безпека під час перевезення вугілля залізничним транспортом пов'язана з технологією навантаження, вивантаження і перевезення.

У результаті операцій у місцях масового навантаження вугілля в залізничні піввагони щорічно виділяється в атмосферу від 100-400 тонн пилу, при цьому запиленість повітря в районі навантаження вугілля досягає 100 г/м^3 [17].

2.4 Дослідження впливу виробничих процесів вугільного терміналу на навколишнє середовище.

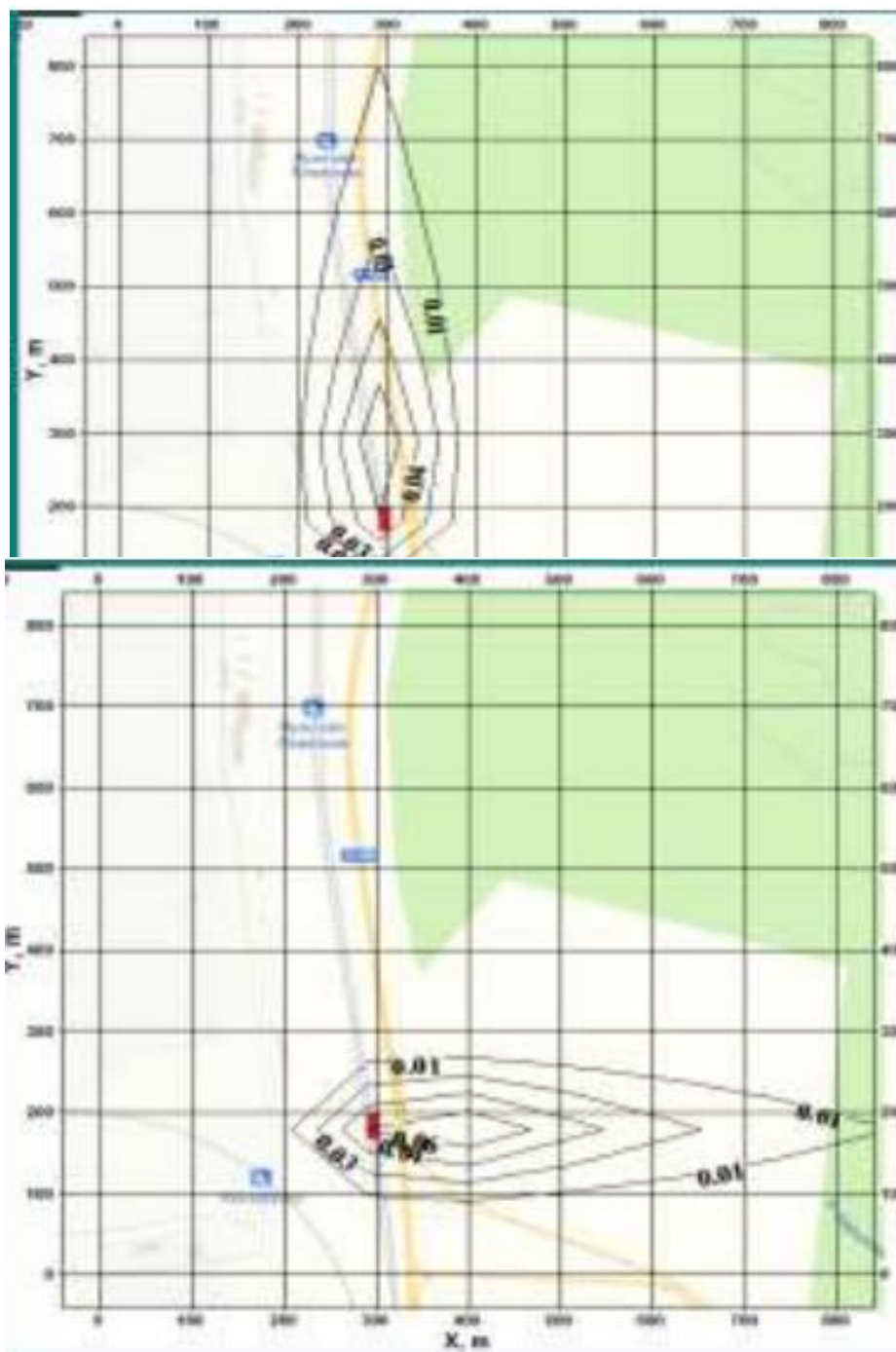
ЗТ здійснюється транспортування навалювальних вантажів в термінах у відкритих піввагонах і вагонах-хоперах. Основною проблемою під час вантажно-розвантажувальних роботах у портах є пилоутворення.

Розрахунки розсіювання забруднювальних речовин у приземному шарі атмосфери вугільного терміналу здійснювали за допомогою методів:

- розрахунку максимальних разових концентрацій від викидів одиночного точкового джерела;

- розрахунку розсіювання викидів забруднювальних речовин з аераційного ліхтаря в атмосферному повітрі;
- розрахунку максимальних разових концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі викидами поодиноких або груп точкових, лінійних і площадних джерел викидів.

Розрахунки виконувалися для трьох випадків: найхолоднішого і найтеплішого місяця року, а також за середньорічних метеорологічних параметрів на території, що розглядається[16].



РОЗДІЛ 3

ВИБІР ЗАСОБУ ДЛЯ ПИЛОПОДАВЛЕННЯ НА ЗТ

3.1 Обґрунтування вибору засобу для подавлення пилу.

Основний принцип розв'язання задачі запобігання утворенню пилової хмари полягає в консолідації частинок пилу (їх злипанні) під дією пилопригнічувальних речовин (ПС), що призводить до укрупнення та обваження частинок неорганічної дисперсії аерозольного типу (пилоутворювальна дисперсія) [18]. Завдяки цьому

знижується рівень запилення, оскільки важкі частинки меншою мірою схильні до ерозії.

Наразі існують нормативні документи, що відображають методики визначення властивостей, способи нанесення, транспортування, зберігання та інші показники реагентів (емульсій, розчинів, пін), які використовуються для в якості пилопригнічувальних речовин. Однак важливо враховувати, що всі пропоновані методики потребують адаптації під необхідний контрольний зразок. Для емульсій дослідники виділяють такі основні контрольовані характеристики: питома витрата емульсії; товщина плівкового покриття; поверхневий натяг на межі «плівка пилопригнічувальної емульсії - рідина»; кут змочування на поверхні плівки пилопригнічувальної емульсії. Автори вивчених робіт пропонують досліджувати такі додаткові параметри, що впливають на пилопригнічувальну характеристику полімерних розчинів, пін та емульсій на водній основі: змочувальна здатність; глибина проникнення складу в поверхню, що пилить; в'язкість; залишок пилу після обробки поверхні пилоутворювальною дисперсією; морфологічні особливості молекул (пухирців) складута плівок, що утворюються після їхнього висихання; час пилопригнічення залежно від концентрації часток пилу, тощо [19,20,21].

Розглянуто параметри та описано методики визначення якості зразків пилу з консолідованим шаром (Ш) за використання різних пилопригнічувальних речовин, здатності до агломерації часток пилу; візуальної оцінки стійкості зразків пилу, оброблених пилопригнічувальними складами, у водному середовищі; міцність зразків із консолідованим шаром на стиснення за температур 20 та 50 °C; кута змочування консолідованого шару зразка; структурних особливостей консолідованого шару обробленого пилу; міцності зразка, обробленого пилом, у водному середовищі [22].

AGE призначений для придушення пилу антропогенного походження на об'єктах навколишнього середовища (обробка відкритих поверхонь об'єктів

транспорту, сипучих, мінеральних матеріалів). Препарат AGE являє собою водний розчин гліцерину, що містить рослинний загущувач і консорціум непатогенних мікроорганізмів. Щільність препарату AGE при 200С не менше 950 кг/м³. Показник концентрації водневих іонів (рН) 5,0-7,0. AGE за ступенем впливу на організм належить до малонебезпечних речовин 4-го класу небезпеки.

Проведено аналіз результатів досліджень патогенних властивостей мікроорганізмів за показниками: вірулентність, «порогова» доза, токсичність і токсигенність у відповідно до методичних рекомендацій «Критерії оцінки патогенних властивостей штамів-продуцентів, що пропонуються для використання в промисловості мікробіологічного синтезу»[23].

Встановлено, що консорціум мікроорганізмів, що входять до AGE, є невірулентним, нетоксичним і нетоксигенним [16].

3.2 Аналіз досліджень з оцінки санітарно-гігієнічних і токсикологічних властивостей AGE

Розроблено програму та методику досліджень препарату AGE з оцінкою масової частки загальної вологи, зольності, виходу летких речовин, вмісту сухої сірки. Результати досліджень представлені в таблиці 3.1 [16].

Таблиця 3.1 - Порівняльні результати досліджень

№ вугільної проби	Масова доля загальної вологи, робочий стан, %	Зольність, сухий стан, %	Вихід летючих речовин, сухий беззольний стан, %	Зміст загальної сірки, сухий стан, %	Вища теплота згоряння, сухе беззольний стан, кг	Нижча теплота згоряння, робочий стан, кг
2607	5,5	14,3	16,6	0,28	8438	6640
2607П	5,8	14,5	16,8	0,27	8471	6627

За результатами досліджень встановлено, що оцінювані параметри перебували в межах відтворюваності методів, що свідчить про відсутність впливу обробки вугілля AGE на його технічні та експлуатаційні властивості. експлуатаційні властивості.

На підставі проведених досліджень встановлено, що величина індексу токсичності препарату AGE склала 18,6% при нормативному значенні не більше 20% [16].

3.3 Аналіз результатів хіміко-аналітичних досліджень AGE

Дослідження ефективності AGE проведено з метою оцінки концентрацій вугільного пилу, створених у замкнутому просторі під концентрацій вугільного пилу, що створюються в замкнутому просторі під впливом повітряного потоку на відкриту поверхню вугілля, засипаного в ємність, без нанесення та після нанесення AGE. Умови проведення експерименту моделюють реальні умови процесу транспортування вугілля залізничним транспортом.

Визначення ефективності пилопригнічення проводилося для вугілля дрібної фракції (до 25 мм). Дослідження у спеціально обладнаних приміщеннях за таких кліматичних умов: температура повітря 25 ± 10 °C, відносна вологість повітря 45-80%, атмосферний тиск 84,0-106,7 кПа (630-800 мм рт. ст.) [16].

Схему експериментальної установки представлено на рисунку 3.1.

Модель навантаженого піввагона являє собою металеву ємність, заповнену вугіллям. Розміри ємності: висота - 0,22 м; довжина - 1,30 м; глибина - 0,30 м. Вимірювання масових концентрацій вугільного пилу проводили в чотири етапи: при вимкненому вентиляторі (швидкість генерованого повітряного потоку 0 м/с - фонові концентрації пилу, C_f), при увімкненому вентиляторі - за швидкості генерованого повітряного потоку 20 м/с (72 км/год), 25 (90 км/год) і 30 м/с (108

км/год – перспективна швидкість). За результат вимірювань концентрації вугільного пилу (мг/м^3) взяли суму середньої концентрації (за кожною хімічною речовиною) і межу випадкової похибки вимірювань (ϵ) за рівня довірчої ймовірності 0,95 [16].

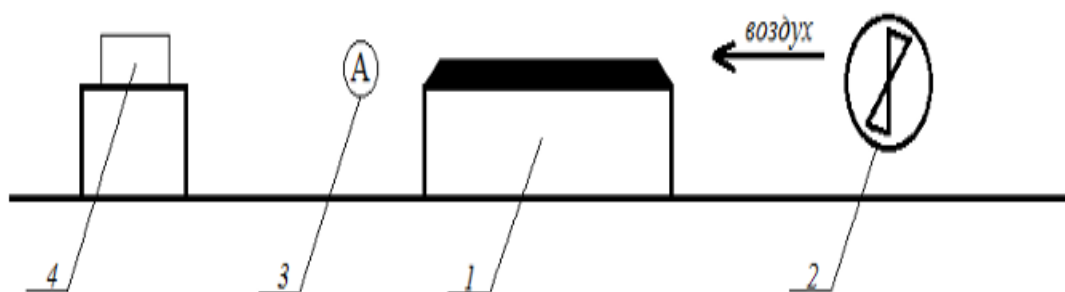


Рисунок 3.1 - Схема установки для досліджень захисного покриття AGE:

1 - модель навантаженого піввагона в масштабі 1:10; 2 - вентилятор осьовий; 3 - анемометр; 4 - засоби контролю основних показників (ГАНК-4 і ПУ-4Е).

Розрахунок проведено за формулою:

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i + \epsilon$$

де C_i - виміряна концентрація пилу, мг/м^3 .

Рівень забруднення повітряного середовища вугільним пилом розраховано за формулою:

$$C_p = C_{\text{И}} - C_{\text{Ф}}$$

де C_p - розрахункова концентрація пилю, мг/м^3 ; $C_{\text{И}}$ - концентрація пилю в приміщенні при ввімкненому вентиляторі, мг/м^3 ; $C_{\text{Ф}}$ - фонові концентрація пилю, мг/м^3 .

Ефективність пилопригнічувальної дії AGE (%) визначено за формулою:

$$E = \left(1 - \frac{C_{p2}}{C_{p1}} \right) \times 100\%$$

де C_{p1} - розрахункова концентрація пилю до нанесення пилопригнічувального реагента, мг/м^3 ; C_{p2} - розрахункова концентрація пилю після нанесення пилопригнічувального агента, мг/м^3 ; C_{p2} - розрахункова концентрація пилю після нанесення пилопригнічувального реагента, мг/м^3 .

Інтенсивність здування (г/м^2) визначається за різницею маси моделі навантаженого піввагона до і після впливу повітряного потоку:

$$\psi = \frac{(M_1 - M_2)}{0,39}$$

де M_1 - маса моделі навантаженого піввагона до впливу повітряного потоку, г; M_2 - маса моделі навантаженого піввагона після впливу повітряного потоку, г; 0,39 - площа поверхні обдування, m^2 .

На підставі цієї методики в рамках дисертаційного дослідження виконано якісний і кількісний хімічний аналіз масових концентрацій вугільного пилу в повітряному середовищі приміщення під час впливу генерованого повітряного потоку [16].

Оцінку ефективності пилопригнічувальної дії AGE визначали в лабораторних умовах, усереднені результати досліджень представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Ефективність пилопригнічувальної дії AGE в лабораторних умовах [16].

Поверхня вугілля	Час дослідження, год	Швидкість повітря, м/с	Розрахункова концентрація пилу до нанесення покриття, mg/m^3	Розрахункова концентрація пилу після нанесення покриття, mg/m^3	Ефективність пилоподавлення, %
Вода	1	20	10,529	3,554	66,25
		25	12,644	3,884	69,28
		30	13,587	3,948	70,94
	24	20	8,84	6,715	24,04
		25	9,1	7,145	21,48
		30	9,835	7,229	26,50
	72	20	8,745	8,669	0,87
		25	9,132	8,748	4,20
		30	9,243	9,091	1,64
Пилопригнічуваль1 AGE	1	20	10,529	1,548	85,3
		25	12,644	2,131	83,15
		30	13,587	2,295	83,11
	24	20	8,84	1,156	86,92
		25	9,1	1,243	86,34
		30	9,835	1,376	86,01
	72	20	8,745	1,100	87,42
		25	9,132	1,189	86,98
		30	9,243	1,182	87,21

3.4 Промислові дослідження пилопригнічувальної дії AGE

Ефективність пилопригнічувальної дії AGE склала понад 85%. При цьому зниження ефективності пилопригнічувальної дії AGE навіть на 3-тю добу проведення досліджень не встановлено. У табл. 3.3 представлено результати оцінки інтенсивності здування вугільного пилу.

Інтенсивність здування вугільного пилу зростає в часі для поверхонь вугілля, оброблених водою, і знижується для поверхонь, оброблених досліджуваним препаратом AGE. Загальна втрата вугілля за рахунок застосування AGE знизилася в 9 разів порівняно з необробленою поверхнею, і в 7 разів - порівняно з поверхнею, обробленою водою [16].

Таблиця 3.3 — Результати визначення інтенсивності здування вугільного пилу

Поверхня вугілля	Час дослідження, год	Максимальна швидкість повітря, м/с	Вага вугілля при засипанні, кг		Інтенсивність здування, г/м ²	Втрати вугілля від початкової маси	
			До експерименту	Після експерименту		кг	%
Відкрита	1	30	22,5	21,45	2692	1,05	4,67
	24	30	21,45	20,73	1846	1,77	7,87
	72	30	20,73	20,11	1590	2,39	10,62
Вода	1	30	23,02	22,61	1051	0,41	1,78
	24	30	22,61	21,89	1846	1,13	4,91
	72	30	21,89	21,02	2231	2	8,69
Пилопригнічувальний AGE	1	30	22,9	22,73	436	0,17	0,74
	24	30	22,73	22,63	205	0,25	1,09
	72	30	22,65	22,63	51	0,27	1,18

Результатами досліджень науково обґрунтовано використання засобів і методів пилопригнічення з метою поліпшення умов праці працівників залізничного транспорту, а також виконано розрахунки з оцінки ризику з прогнозуванням стану здоров'я працівників, які контактують із вугільним пилом.

Для прогнозування ризику розвитку захворювань, пов'язаних із впливом хімічного фактора (вугільний пил), використовується метод розрахунку інтегрального показника R за формулою:

$$R = 8,6 X_1 + 6,0 X_2 + 19,4 X_3 K_1 + 6,4 X_4 K_2 K_3 ,$$

де: X_1 - вік працюючого, роки; X_2 - загальний стаж його роботи, роки; X_3 - стаж роботи в контактi з пилом, роки; X_4 - вміст пилу в повітрі 20 робочої зони, мг/м³; K_1 - коефіцієнт, що враховує вміст вугільного пилу; K_2 - коефіцієнт, що враховує дисперсний склад частинок інгальованого пилу, його мінеральний склад і концентрацію в повітрі робочої зони; K_3 - коефіцієнт, що враховує важкість праці та пов'язаний із цим обсяг легеневої вентиляції.

Для визначення ризику розвитку захворювань у межах роботи проведено розрахунки для трьох категорій працівників: I категорія - вік працівників 25 років; II категорія - вік працівників 40 років; III категорія - вік працівників 55 років. вік працівників 55 років [16].

Таблиця 3.4 – Імовірність розвитку захворювань залежно від значення інтегрального показника R

R	R ₁ 1000-1150	R ₂ 1151-1200	R ₃ 1201-1250
Ризик захворювання, %	До 2	5	10
Фактичне значення, R	503	806	1174

На підставі отриманих розрахунків та аналізу ймовірності розвитку 1174 захворювань встановлено, що ймовірність розвитку захворювань для працівників I, II і III категорій перебуває в діапазоні 1201-1250, а ризик захворювань відповідає 10%.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ

4.1 Економічна модель для дослідження економічних наслідків запилення

Економічна модель яка застосовувалася для дослідження економічних наслідків запровадження загального доступу до медичних послуг у різних країнах.

Оцінка людського капіталу здійснюється у кілька етапів. Спочатку використовуються дані програмного інструменту DemProj (пакет Avenir Health/Spectrum) для визначення чисельності населення за статеві-віковими групами (з інтервалом у 5 років) на кожен рік [24].

Далі чисельність кожної групи множиться на коефіцієнт участі, який адаптовано на основі бази даних Міжнародної організації праці [25]. Це дозволяє визначити частку населення, що бере участь в економічному виробництві країни. Потім із загальної чисельності активної робочої сили для кожної статево-вікової групи віднімається YLD (роки, прожиті з непрацездатністю) відповідно до даних GBD з урахуванням усіх можливих причин [26].

Після цього залишковий обсяг робочої сили множиться на індекс людського капіталу, що базується на даних Penn World Tables [27].

Отримана економічна модель застосовувалася в тих самих чотирьох сценаріях, що й модель прогнозування стану здоров'я на рівні країни, яка була розглянута в попередньому розділі. Сценарії включають:

- базовий варіант (концентрація забруднювальних речовин у повітрі залишається незмінною);
- покращені сценарії, за яких рівень $PM_{2.5}$ поступово зменшується навіть до 5 $мкг/м^3$ до 2030 року.

Усі параметри моделі детально наведені в табл. 4.1 [8].

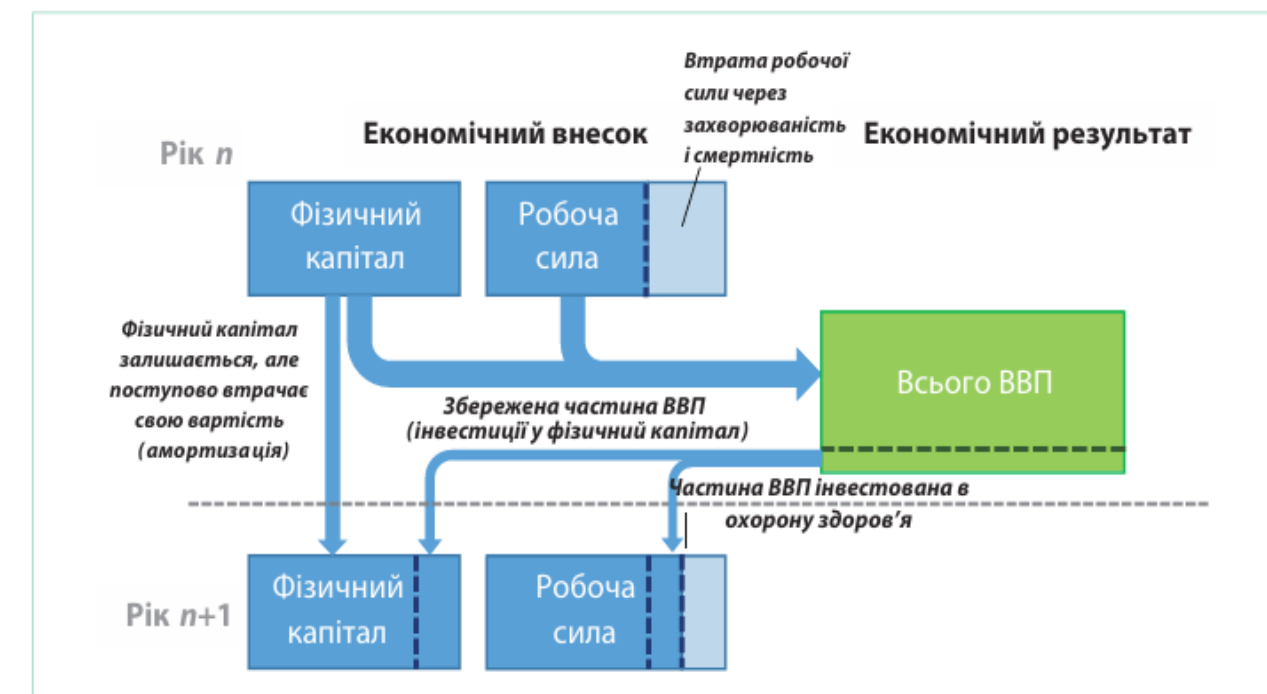


Рисунок 4.1. Схематичне зображення підходу людського капіталу. Частина потенційної робочої сили втрачається (показана блакитним кольором) через захворюваність і передчасну смертність. Частина загального обсягу виробництва використовується для інвестицій як у фізичний капітал, так і в охорону здоров'я (або інші заходи, які можуть знизити захворюваність та смертність. ВВП, валовий внутрішній продукт). 19 20 Вплив на здоров'я та соціальні витрати, пов'язані із забрудненням повітря у великих містах України

Таблиця 4.1 - . Вхідні характеристики економічної моделі. На додаток до параметрів, показаних вище, оцінки чисельності населення та розподілу за віком/статтю були адаптовані з програмного інструменту DemProj [24], а коефіцієнти участі в економічному розвитку за віком/статтю взяті з бази даних ILOSTAT. [27] TFP, загальна факторна продуктивність.

Показник	Значення	Джерело
Початкові значення у 2015 р.		
Загальна факторна продуктивність	1.707	Penn World Table (21)
Запас фізичного капіталу	7205.3 млрд дол. США	Penn World Table (21)
Індекс людського капіталу	3.2554	Penn World Table (21)
Константи		
Норма амортизації	2%	Припущення
Норма економії	40%	Припущення
Зростання TFP	0.12	Встановлено
Еластичність щодо фізичного капіталу	0.5	Припущення
Коефіцієнт встановлення	2.6	Встановлено

Модель доволі точно відтворила динаміку зростання ВВП у період 2015-2020 рр. (рис. 4.2).

За прогнозами, економічне зростання мало відбуватися експоненціально:

- 278,2 млрд доларів до 2025 року,
- 500,5 млрд доларів до 2030 року,
- 940,2 млрд доларів до 2035 року [8].

Таким чином, передбачалося, що ВВП подвоюватиметься кожні 6–7 років.

Водночас прогнозувалося, що чисельність робочої сили поступово скорочуватиметься через демографічні зміни. Якщо у 2020 році кількість

економічно активного населення дорівнювала ~18 млн люди/років, то до 2035 року вона мала зменшитися до ~15 млн люди/років.

Заходи, спрямовані на зменшення концентрації $PM_{2.5}$, мали відносно невеликий, але помітний ефект (рис. 4.3). Навіть часткове зниження до 15 мкг/м³ до 2030 року призвело до додаткового приросту в 22тис. люди/років у 2030-му та 30,7тис. люди/років у 2035-му. Це відповідало збільшенню ВВП на 365 млн доларів у 2030 році та 1,05 млрд доларів у 2035 році. Загальна тенденція економічного зростання підсилювала ефект від збільшення робочої сили [8].

Однак навіть у найоптимістичнішому сценарії ефект від покращення якості повітря залишався відносно незначним: він становив менше 1% загальної робочої сили та менше 0,5% економічного виробництва.

Варто зазначити, що ці результати є лише однією з можливих інтерпретацій моделі. Внесок у економічне зростання значною мірою залежить від прийнятого коефіцієнта еластичності, який було встановлено на рівні 0,5 щодо фізичного капіталу. Це означає, що зростання як фізичного капіталу, так і робочої сили позитивно впливає на економічні результати. Якщо припустити, що робоча сила оцінюється вище, відповідно збільшиться ВВП, досягнувши пропорційного зростання на 0,7% у 2035 році за найбільш сприятливих умов [8].

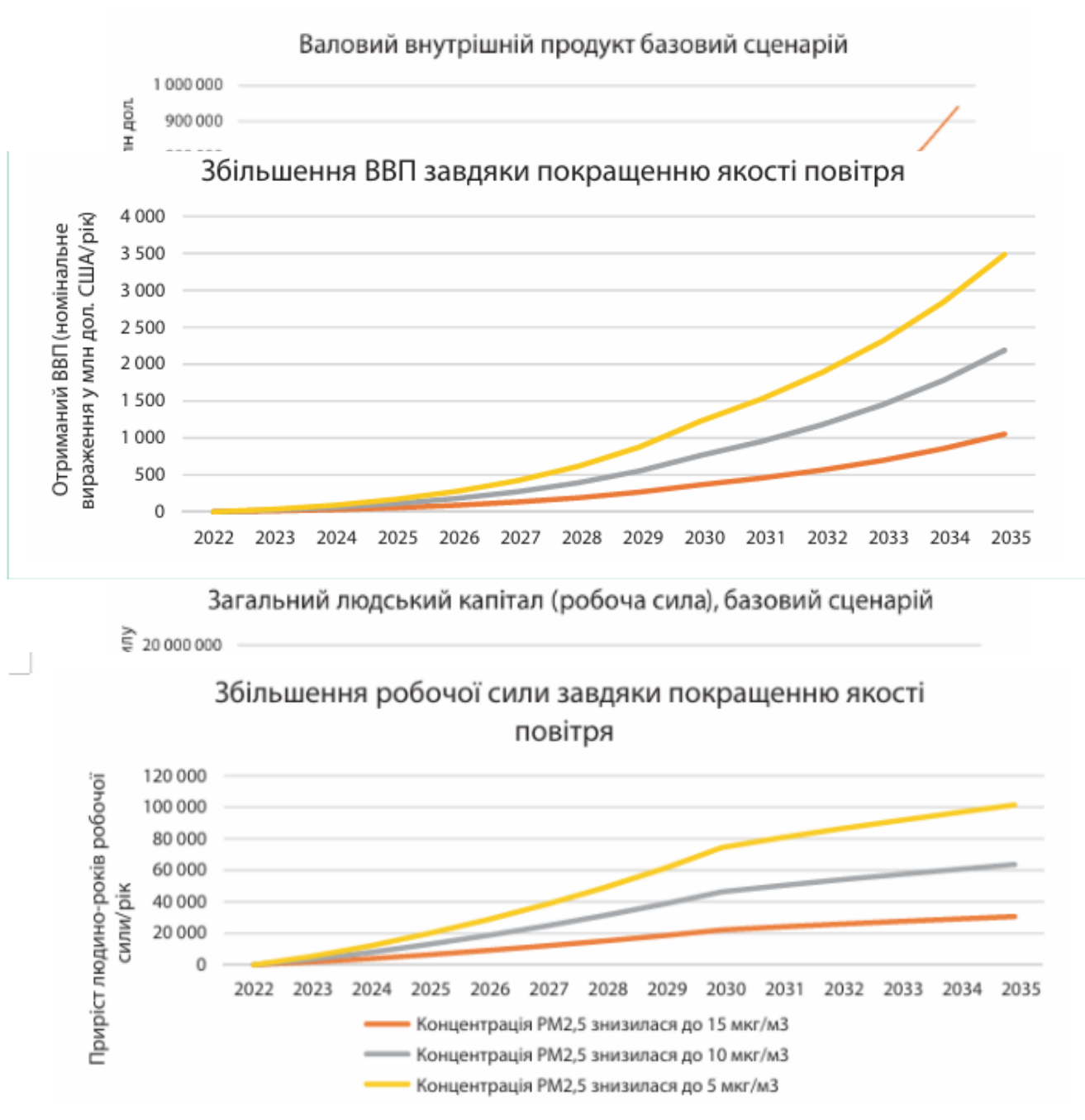


Рисунок 4.3 - Приріст валового внутрішнього продукту (ВВП; верхня частина) та робочої сили (нижня частина) у сценаріях з покращеною якістю повітря порівняно з базовим сценарієм. Зниження концентрації твердих частинок діаметром <2,5 мкм (PM_{2.5}) відбувається поступово в період із 2022 по 2035 рік.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз дослідження небезпеки від викидів дрібнодисперсного пилу. Згідно з дослідженням встановлено, близько 10% загальних втрат здоров'я в Україні пов'язані із забрудненням повітря. Це еквівалентно приблизно 43 000 передчасних смертей. Зокрема, жителі українських міст із високою концентрацією $PM_{2.5}$ мають удвічі вищу ймовірність захворіти на інсульт чи хронічне обструктивне захворювання легень (ХОЗЛ), порівняно з тими, хто живе в регіонах із чистим повітрям.
2. Проаналізовано умов праці працівників, які беруть участь у навантаженні розвантаженні вугілля, встановлено шкідливі та небезпечні фактори, з якими стикаються працівники під час вантажно-розвантажувальних робіт із вугіллям. Під час аналізу встановлено, що концентрація вугільного пилу в робочій зоні становить 8,756 мг/м³, що перевищує нормативні значення в 2 рази.
3. Запропоновано засіб пилоподавлення сучасний AGE, який складається з гліцерину, води, полімерів і консорціуму непатогенних мікроорганізмів. AGE дає змогу забезпечити ефективне пилопригнічення, при цьому є безпечним для здоров'я працівників; препарат не токсичний і не патогенний.
4. За результатами проведених комплексних досліджень AGE встановлено такі значення параметрів ефективності: інтенсивність здування зменшилася в 6 разів, втрати вугілля під час транспортування знизилися в 10 разів.

ВИСНОВКИ