



УДК 504

**APPLICATION OF "HAUL LOC" TECHNOLOGY FOR DUST
SUPPRESSION OF INDUSTRIAL ROADS SURFACE
ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ «HAUL LOC» ДЛЯ ПИЛОПРИГНІЧЕННЯ
ПОВЕРХНІ ІНДУСТРІАЛЬНИХ ДОРІГ**

Dolyna O.O. / Долина О.О.*s.b.s., / к.б.н.*

ORCID: 0000-0002-4175-746X

Hatskyi A.K. / Гацький А.К.*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

Kryvyi Rih National University,

Kryvyi Rih, Vitaly Matusevich str., 11, 50027

Криворізький національний університет,

вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, 50027

Анотація. Проаналізовано ефективність використання препарату «Haul loc» від компанії GRT для контролю рівня запилення на технологічних автошляхах у порівнянні з контрольною ділянкою без нанесення пилозв'язуючих речовин. Виявлено ефективність застосування препарату «Haul loc» на рівні не менше 90% упродовж шести місяців. Максимальна ефективність препарату виявлена у найпосушливіший період року та становить 98%. Утворене реагентом покриття є стійким до механічних пошкоджень навіть при проходженні вантажних автомобілів з вантажем, а також до погодних та ерозійних процесів.

Ключові слова: індустриальні дороги, полімерний реагент, ефективне пилопригнічення.

Вступ Гірничо-металургійна промисловість на сьогодні є одним з найбільших джерел негативного впливу на навколишнє середовище. Одною з найбільших проблем, що виникає при розробці родовищ корисних копалин є пил, зокрема той, що виділяється з промислових автодоріг при роботі великовантажної техніки. Найбільш вживаним способом боротьби з пилом на автодорогах промислових підприємств є їх полив водою. Застосування такого способу є ефективним, але лише протягом нетривалого часу через швидке висихання зрошеної поверхні. Це обумовлено такими факторами, як суттєве підвищення температури повітря – вище 30 °С у літній період, а також потужність вітру. Особливо інтенсивне висихання відбувається за сумісної дії високих температур та вітру. Тому актуальним є питання пошуку та застосування пилозв'язуючих реагентів, які зберігають свою ефективність протягом тривалого часу порівняно з обробкою водою.

Важливою умовою ефективного закріплення поверхонь промислових автодоріг є стійкість утвореного покриття до зовнішніх фізичних та механічних впливів. В першу чергу покриття має бути стійким до механічного пошкодження від великовантажних автомобілів, що рухаються поверхнею доріг. Другим фактором є витривалість до несприятливих погодних умов – потужних вітрів зі швидкістю понад 5 м/с; а також – до руйнування захисного шару під дією інтенсивних опадів (зливи, град тощо).

З огляду на сказане вище були сформульовані основні вимоги до пилозв'язуючого препарату:



1. Тривалий період висихання обробленої поверхні;
2. Збереження властивостей покриття після повного висихання;
3. Стійкість покриття до дії інтенсивних вітрів;
4. Стійкість покриття до дії інтенсивних атмосферних опадів (в тому числі до змивання);
5. Витривалість покриття до механічних пошкоджень;
6. Висока ефективність обраного препарату – на рівні не менше 90%.

Враховавши висунуті вимоги компанією ТОВ «Ен Ес Ті» було запропоновано виконати обробку препаратом «Haul loc» від компанії GRT, який являє собою спеціалізований полімер. Препарат забезпечує підвищення тривалості закріплення поверхні порівняно з традиційними методами у чотири рази.

Мета роботи: визначення ефективності застосування препарату «Haul loc» для закріплення ділянки промислового автошляху з інтенсивним рухом транспорту на території цеху шламових систем (ЦШС) гірничодобувного підприємства АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат» (м. Кривий Ріг) протягом 180 днів сухого періоду року (травень-жовтень), з підтвердженням заявленої ефективності на рівні 90%.

Місце проведення робіт: ділянка промислового автошляху на території ЦШС від ПК 81, відм. 96,0 м до ПК 74+50 відм. +136 м. загальною протяжністю 1245 м. (площа 8715 м²). Схема місця проведення робіт, місце відбору технічної води та схема руху автоцистерни наведена на рисунку 1.

Роботи, направлені на боротьбу з пилом на промислових автошляхах ведуться інтенсивно в Україні та світі. Пошук комплексного рішення цього питання потребує врахування аспектів не тільки екологічної безпеки, але й економічних [5, 11].

Дослідження ефективності препарату «Лексол» 5 [1] показало, що препарат дає високу ефективність на рівні 85% лише одразу після нанесення. З часом, у процесі висихання, ефективність суттєво зменшується та в середньому становить лише 21%, що не є задовільним результатом.

У роботі британських вчених [2] розглянуто ефективність застосування засобів для боротьби з пилом від автодоріг в умовах міста Лондон за допомогою пилозв'язуючих реагентів. Незважаючи на високу ефективність запропонованого способу слід відмітити, що інтенсивність виділення пилу з доріг з твердим покриттям в умовах міста суттєво відмінна від інтенсивності пиління промислових автошляхів. Також суттєва різниця умов полягає у великій масі автомобілів, що рухаються промисловими шляхами та транспортують великовагові вантажі.

У роботі німецьких дослідників [3] вивчено можливість застосування для закріплення поверхонь індустріальних доріг за допомогою розчинів солей. Ефективність застосування наведеного способу зберігається лише при достатньому зволоженні поверхні автодороги, а при пересиханні інтенсивність пиління знову підвищується.

Також досліджена можливість використання у якості закріплюючого реагенту хлориду кальцію [4]. Виявлена результативність на рівні 50-60%








Ефективність використання для закріплення поверхонь доріг екологічно «дружніх» матеріалів, зокрема, ксантанової гуми та лігносульфонату кальцію було досліджено у роботі Xingyun Guo [6]. Виявлено ефективність означених матеріалів на рівні 66,7% та 48,6% відповідно.

Спеціалісти у галузі боротьби з пилом на дорогах без твердого покриття загалом зазначають декілька основних методів: нанесення розчинів солей, нанесення пилов'язуючих реагентів, зменшення швидкості та інтенсивності руху ділянками дороги; покриття дороги гравієм та постійне зволоження [7-10].



Рисунок 1. Карта-схема руху ділянкою.

- УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:
-  - КПП №13 (місце в'їзду та виїзду з підприємства);
 -  - Місце заповнення автоцистерни водою;
 -  - Маршрут від точки в'їзду-виїзду до початку ділянки пилоподавлення;
 -  - Маршрут слідування ділянкою пилоподавлення;
 -  - Маршрут слідування від ділянки пилоподавлення до місця заповнення водою.

Авторська розробка

Методика виконання робіт.

Характеристика матеріалу «Haul loc». Препарат GRT: «Haul loc» являє собою полімер на основі акрилової кислоти, розроблений спеціально для умов гірничодобувного та ресурсного секторів, може застосовуватися з використанням будь-яких поливальних машин, або інших розприскувачів. Після змішування з водою препарат утворює розчин, який при нанесенні на поверхню



промислових доріг зв'язує пилові частки, утворюючи таким чином захисний шар, що є стійким до проходження важкої техніки, вітрової ерозії та механічних пошкоджень від інтенсивних атмосферних опадів.

Приготування робочого розчину. Робочий розчин для обробки доріг відповідно до технології готувався на основі суміші реагенту «Haul loc» та технічної води. Забір води в поливально-зрошувальний автомобіль здійснювався з магістрального трубопроводу технічної води самопливом через люк у верхній частині резервуару. В процесі наповнення резервуару водою водій-технолог тонкою цівкою додає реагент до водного потоку у відповідній пропорції, заливаючи його через верхній люк резервуару.

Робота з нанесення робочого розчину виконувалася в 3 етапи:

Етап 1. Насичення поверхні полотна дороги реагентом. Нанесення в перші 10 днів – співвідношення «Haul loc / вода» 1:5000, кількість нанесень – 7 разів на добу.

Етап 2. Проміжний етап з усередненою концентрацією. Нанесення в наступні 10 днів – співвідношення «Haul loc / вода» 1:10000, кількість нанесень – 7 разів на добу.

Етап 3. Підтримка сталої концентрації діючої речовини у поверхневому шарі. Всі наступні нанесення – співвідношення «Haul loc / вода» 1:15000, кількість нанесень – 7 разів на добу.

Робота мала циклічний характер. Кожен цикл починався з наповнення ємності поливально-зрошувального автомобіля робочим розчином і завершувався повним відпрацюванням розчину по поверхні ділянки дороги довжиною 1245 м і площею 8715 м². Добовий цикл нанесення робочого розчину на ділянку дороги здійснювався з наступною періодичністю:

Час, год. 7:00 10:00 13:00 16:00 19:00 23:00 3:00

Витрата робочого розчину - 0,5 л на 1 м².

Розрахунок кількості матеріалу «Haul loc», необхідної для приготування робочого розчину на період 6 місяців:

1-10 доба: 1 л готового розчину / 0,0002 л матеріалу «Haul Loc».

Кількість готового розчину на 10 діб – 4357,5 л × 7 разів на добу × 10 діб = 305 025 л; кількість матеріалу «Haul loc» 305 025 л × 0,0002 л = 61,00 л

11-20 доба: 1 л готового розчину / 0,0001 л матеріалу «Haul Loc».

Кількість готового розчину на 10 діб – 4357,5 л × 7 разів на добу × 10 діб = 305 025 л; кількість матеріалу «Haul loc» 305 025 л × 0,0001 л = 30,50 л

21-180 доба: 1 л готового розчину / 0,000067 л матеріалу «Haul Loc».

Кількість готового розчину на 160 діб – 4357,5 л × 7 разів на добу × 10 діб = 305 025 л; кількість матеріалу «Haul loc» 4 880 400 л × 0,000067 л = 327,00 л.

Таким чином, витрачена кількість матеріалу «Haul loc» для обробки заданої ділянки протягом 180 діб становить:

$$61,00 \text{ л} + 30,50 \text{ л} + 327,00 \text{ л} = 418,50 \text{ л.}$$

Організація робіт.

Процес нанесення розчину. Перед початком руху автомобіля ділянкою водій-технолог включає функцію поливу та починає повільно рухатись у заданому напрямку. Необхідна швидкість руху автомобілю для забезпечення



визначеної концентрації та рівномірного нанесення розчину з суцільним покриттям дорожнього полотна становить 8-10 км/год. Автомобіль пересувається ділянкою випорожнюючи бак з таким розрахунком, що у кінці ділянки бак залишається повністю порожнім.

Протягом всього періоду виконання робіт здійснювався контроль ефективності пилопригнічення. Перший контрольний замір було виконано згідно методики проведення робіт після закінчення перших 20 днів обробки – період, необхідний для насичення дорожнього покриття реагентом та досягнення концентрації, необхідної для забезпечення ефективності пилопригнічення у 90%. Ефективність пилопригнічення оцінювалась за двома показниками:

1. Вимірювання рівня запиленості у момент руху по обробленій ділянці вантажних транспортних засобів з вантажем, при інтенсивності руху 10-12 одиниць на годину. Аналогічне вимірювання проводилось на ділянці дороги, яка не оброблювалась жодним пилопригнічуючим засобом – контрольній ділянці. Третє вимірювання проводилось на ділянці, де відсутній рух транспортних засобів для визначення фонові концентрації у повітрі пилу, піднятого з поверхні дією вітру, щоб виключити можливу похибку у вимірюваннях. Вимірювання виконуються за однакових погодних умов. Періодичність вимірювань становила у перший місяць проведення робіт – на 10-й та 20-й день, а у подальшому – один раз на місяць; тривалість кожного вимірювання становила 30 хвилин, відповідно, за відведений час ділянкою проходило 5-6 автомобілів з вантажем. Разом з показниками запиленості у результатах вимірювань відображались також погодні умови у момент заміру – температура, швидкість і напрямок вітру.

Для контролю запиленості використовувались повірені електроаспіратори ASA-2М та Метеометр МЕС-200А.

2. Візуальний контроль пиління у момент руху по обробленій та необробленій ділянках вантажних транспортних засобів з вантажем з обов'язковою фото та відео фіксацією. Здійснення візуального контролю виконувалось за ідентичних погодних умов. Періодичність візуального контролю співпадала з періодичністю вимірювання рівня запилення. Обробка ділянки за допомогою реагенту проводилась протягом 184 діб з 06.05.2021 по 05.11.2021.

Результати робіт.

Основним показником результативності випробуваного способу є результати лабораторних досліджень щодо інтенсивності виділення пилу з поверхні обробленої ділянки автошляху, що проводились протягом всього періоду випробувань (табл. 1). Визначення концентрації пилу проводилось не раніше ніж через дві години після обробки поверхні препаратом. Для порівняння та визначення результатів було обрано контрольну ділянку – без обробки.

За результатами проведених лабораторних досліджень ефективності препарату GRT: «Haul loc» виявлено високі показники зменшення кількості пилу на обробленій ділянці у порівнянні з необробленою – у діапазоні 90,1-98,7%. Такі показники повністю відповідають заявленій у договорі ефективності у 90%. Найменші показники у контрольних замірах відмічались після перших десяти діб – 90,1%. У подальшому, при просоченні поверхневого шару автошляху



препаратом та досягненні необхідної концентрації GRT: «Haul loc» у субстраті, показник ефективності перевищував 90%. Найбільші показники зафіксовано у липні, за низької вологості та швидкості вітру, що сприяло незначному переносу утвореного пилу вітровими потоками та осіданню його безпосередньо на місці утворення.

Таблиця 1. Результати лабораторних досліджень ефективності пилопридушення.

Дата/ період	Показники метеоумов			Показники концентрації пилу, мг/м ³		Ефективність пилопридушення
	t ⁰ C	Відносна вологість, %	Швидкість вітру, м/с	Контрольна ділянка відм.+151 ПК-75+50	Дослідна ділянка відм.+136м ПК-77	
14.05.2021 (10 діб)	23	41-47	2-5	16,1	1,6	90,1%
25.05.2021 (20 діб)	26	44	1,07	5,4	0,3	94%
24.06.2021 (2-й місяць)	30	46-50	0,73	3,5	0,2	94,3%
28.07.2021 (3-й місяць)	28-29	43-48	0,59	7,5	0,1	98,7%
30.08.2021 (4-й місяць)	26-27	55-64	1,09	7,4	0,6	91,9%
30.09.2021 (5-й місяць)	13-14	40-58	1,83	16,5	0,3	98,2%
19.10.2021 (6-й місяць)	12-13	41-55	1,13	6,0	0,4	93,3%

Авторська розробка

Додатково на початку випробувань (травень 2021) та в найбільш посушливий період сезону пиління (липень 2021) проведено визначення ефективності традиційного методу пилоподавлення доріг (полив водою) в порівнянні з технологією GRT: «Haul loc» і встановлено, що ефективність застосування традиційного методу складає 29% в травні та 44% в липні, ефективність технології GRT: «Haul loc» в аналогічний період та за однакових умов пилоподавлення (після двох годин обробки поверхні водою) зафіксовано на рівні 90,1% і 98,7%. відповідно. Отримані результати свідчать, що ефективність технології GRT: «Haul loc» в 2-3 рази вище за традиційний метод.

Візуальна фіксація результатів застосування GRT: «Haul loc» також проводилась не раніше ніж через дві години після попередньої обробки, та за однакових погодних умов. У порівнянні з необробленою контрольною ділянкою, на дослідній ділянці не спостерігалось виділення пилу при інтенсивному русі



автотранспорту. Натомість на контрольній ділянці зафіксовано інтенсивне пиловиділення.

Швидкість висихання поверхні дороги, обробленої препаратом GRT: «Haul loc» також залежала від інтенсивності опадів та температури повітря. Відповідно, при високих значеннях температури атмосферного повітря та інтенсивному прогріванні поверхні дороги у літній період повне висихання відбувалось через 1,5-2 години після обробки. За умов зниженої температури у весняно-осінній період, в залежності від вологості повітря, висихання поверхні відбувалось дві години і більше. Відповідно, дорога періодично не встигала висихати між обробками. Також ускладненим було просочення дороги препаратом GRT: «Haul loc» під час інтенсивних опадів.

Утворене препаратом покриття на поверхні доріг виявилось стійким до механічного пошкодження та зберігало свої пилозахисні якості при русі автотранспорту, дії інтенсивних опадів, а також при грейдеруванні доріг.

Висновки.

1. Підтверджено високу ефективність препарату GRT: «Haul loc» у діапазоні 90,1%-98,7%, щодо пилопридушення на промислових дорогах ЦШС АТ «Південній ГЗК» за умови інтенсивного руху транспорту у період з травня по жовтень, що відповідає заявленій ефективності 90% згідно договору.

2. Найбільшу ефективність препарату (98,7%) зафіксовано наприкінці липня у найбільш посушливий період року.

3. Виявлено підвищену якість пилопридушення при застосуванні GRT: «Haul loc» у порівнянні з поливом доріг технічною водою у 2-3 рази. Ступінь зменшення пиловиділення при використанні GRT: «Haul loc» становив 90,1%-98,7%, при використанні води технічної – 29-44%.

4. Покриття, утворене на поверхні промислових автодоріг при використанні технології GRT: «Haul loc» є стійким до механічних пошкоджень, в тому числі – пошкодженням від проходження великовантажного транспорту, несприятливих погодних умов, змивання, а також зняття поверхневого шару за допомогою грейдерів.

Рекомендації.

1. Висока ефективність препарату GRT: «Haul loc» на рівні більше 90%, а також стійкість до механічного та фізичного руйнування, характеризує його як якісний засіб, який може стати комплексним рішенням щодо боротьби з промисловим пилом на автошляхах, використовуватись в умовах шламосховища, а за потреби і на інших ділянках автодоріг підприємства.

2. Для підвищення економічної ефективності використання технології GRT: «Haul loc» та виходячи з даних візуальних спостережень доцільним є перегляд частоти використання препарату у періоди інтенсивних опадів та у весняно-осінній період, при зниженні температури оточуючого середовища та підвищенні відносної вологості повітря. Зокрема, виходячи з візуального контролю, можливим є зменшення кількості поливів препаратом у квітні-травні і вересні-жовтні до 4-5 разів на добу без втрати ефективності, за умови невисоких температур, та при постійному контролі стану дорожнього покриття та ступеню висихання робочого розчину. Також можлива відміна декількох поливів у разі



інтенсивних опадів. Подібні заходи можливо проводити лише після перших 20 діб використання препарату (після періоду насичення покриття робочим розчином). Дана рекомендація базується лише на візуальному контролі та потребує проведення експериментальних досліджень з наступним інструментальним контролем результатів.

Література:

1. Наливайко В.Г., Лосьєв К.В. Використання водного розчину пар «лексол» для зниження пиловиділення на прикладі кар'єра ПРАТ «ІНГЗК» // Гірничий вісник, вип. 104, 2018. – с. 121-125.

2. Barratt B, Carslaw D, Fuller G, Green D, Tremper A. Evaluation of the impact of dust suppressant application on ambient PM₁₀ concentrations along 'hot spot' highway corridors. // London: Kings College London, University of London, 2012. 56 p.

3. Böhner, R., Niemann-Delius, C., Hennig, A. The use of salt solutions to reduce PM10 on paved roads in open-pit mining [Der einatz von salzlösungen zur PM10 - Minderung auf befestigten strassen im tagebau] // World of Mining – Surface and Underground, 63 (5), 2011. – pp. 275-279.

4. Don G. Shurig. Dust Control on Unpaved Roads // Research Associate Highway Extension and Research Project for Indiana Counties. – Purdue University, 2020. – pp. 179-191.

5. Edvardsson K. Evaluation of Dust Suppressants for Gravel Roads: Methods Development and Efficiency Studies // Doctoral Thesis. – Royal Institute of Technology. Stockholm, 2010.

6. Guo X. Assessing the Effectiveness of Eco-friendly Dust Suppressants Used to Abate Dust Emission from Mine Haul Roads // Thesis for the Degree of Master of Philosophy. Curtin University, 2018.

7. <https://ninjadeicer.com/blogs/resources/road-dust-control-techniques-and-solutions>.

8. <https://www.substrata.us/blog/solutions-for-dust-control-on-dirt-roads>.

9. <https://www.linkedin.com/pulse/how-achieve-most-effective-road-dust-control-robert-vitale>.

10. <https://www.intecoastur.com/en/catalogo/dust-free-roads-road-dust-solution-wuvio>.

11. Parvej S., Naik D.L., Sajid H. U., Kiran R. Huang Y.. Fugitive Dust Suppression in Unpaved Roads: State of the Art Research Review // Sustainability 2021, 13(4), 2399. – pp.1-30. DOI: 10.3390/su13042399.

References

1. Nalyvaiko V.H., Losiev K.V. (2018) Vykorystannia vodnoho rozchynu par «leksol» dlia znyzhennia pylovydilennia na prykladi kariera PRAT «ІNHZK» [Hirnychiy visnyk] vyp. 104. – p. 121-125.

2. Barratt B, Carslaw D, Fuller G, Green D, Tremper A. Evaluation of the impact of dust suppressant application on ambient PM₁₀ concentrations along 'hot spot' highway corridors. // London: Kings College London, University of London, 2012. 56 p.

3. Böhner, R., Niemann-Delius, C., Hennig, A. The use of salt solutions to reduce PM10 on



paved roads in open-pit mining [Der einsatz von salzlösungen zur PM10 - Minderung auf befestigten straßen im tagebau] // World of Mining – Surface and Underground, 63 (5), 2011. – pp. 275-279.

4. Don G. Shurig. Dust Control on Unpaved Roads // Research Associate Highway Extension and Research Project for Indiana Counties. – Purdue University, 2020. – pp. 179-191.

5. Edvardsson K. Evaluation of Dust Suppressants for Gravel Roads: Methods Development and Efficiency Studies // Doctoral Thesis. – Royal Institute of Technology. Stockholm, 2010.

6. Guo X. Assessing the Effectiveness of Eco-friendly Dust Suppressants Used to Abate Dust Emission from Mine Haul Roads // Thesis for the Degree of Master of Philosophy. Curtin University, 2018.

7. <https://ninjadeicer.com/blogs/resources/road-dust-control-techniques-and-solutions>.

8. <https://www.substrata.us/blog/solutions-for-dust-control-on-dirt-roads>.

9. <https://www.linkedin.com/pulse/how-achieve-most-effective-road-dust-control-robert-vitale>.

10. <https://www.intecoastur.com/en/catalogo/dust-free-roads-road-dust-solution-wuvio>.

11. Parvej S., Naik D.L., Sajid H. U., Kiran R. Huang Y.. Fugitive Dust Suppression in Unpaved Roads: State of the Art Research Review // Sustainability 2021, 13(4), 2399. – pp.1-30. DOI: 10.3390/su13042399.

Abstract. *The effectiveness of the use of the reagent "Haul loc" from the GRT company to control the level of dust partition on technological roads in comparison with the control area without the application of dust-binding substances was analyzed. The effectiveness of the use of the drug "Haul loc" was found to be at least 90% within six months. The maximum effectiveness of the drug was found in the driest period of the year and is 98%. The coating formed by the reagent is resistant to mechanical damage even when passing trucks with cargo, as well as to weather and erosion processes.*

Key words: *industrial roads, polymer reagent, effective dust suppression.*