

«Автодороги»

Наукова робота

**«Розробка рекомендацій щодо зменшення виносу пилу з поверхонь
автодоріг ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат»»**

2019

ЗМІСТ

	Стор.
Анотація	3
Вступ.....	4
1. Короткі відомості про підприємство.....	5
2. Окреслення проблеми.....	6
2.1 Дослідження ефективності гідрознеплення на автомобільних дорогах.....	7
2.2. Обґрунтування вибору засобів знеплення кар'єрних автодоріг застосування	7
2.3. Основні способи знеплення автомобільних доріг.....	8
2.4. Машини, що можуть використовуватись для знеплення кар'єрних автодоріг.....	13
2.5. Характеристика експлуатаційних властивостей засобів знеплення автодоріг.....	16
2.6. Результати промислових досліджень ефективності запропонованого засобу закріплення пилячих поверхонь.....	22
Висновки.....	26
Список використаної літератури	27

Анотація :**Актуальність:**

Зменшення негативного впливу на працівників ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат» мінерального пилу, що виноситься з поверхонь автодоріг підприємства. Вибір і обґрунтування способу вирішення даної проблеми з урахуванням аналогічного досвіду на інших підприємствах нашого регіону.

Завдання роботи:

Визначити шляхи покращення умов праці персоналу ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат», які перебувають під постійним впливом шкідливого виробничого фактору – підвищеного рівня забрудненості повітря пилом.

Використана методика дослідження:

Проведено аналіз літератури, визначено переваги і недоліки різних засобів боротьби з виносом пилу з поверхонь автодоріг. Розроблено рекомендації використання закріплюючого розчину в умовах шахти «Родіна» ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат».

Загальна характеристика наукової роботи:

Робота складається з Анотації, Вступу, двох розділів, Висновків і Літератури.

Загальний обсяг 27 сторінки, 9 літературних джерел, 8 рисунків.

Ключові слова :

ПИЛ, АВТОДОРОГА, БШОФІТ, ЗАБРУДНЕНІСТЬ, РОЗЧИН.

Вступ

Для попередження зниження працездатності працівників і виникнення у них профзахворювань дихальних шляхів, необхідно обрати спосіб вирішення проблеми пилового навантаження на працівників.

Для визначення способу прийняттого для місцевих умов, необхідно розглянути питання боротьби з виносом пилу з поверхонь автодоріг за допомогою як організаційних так і технічних заходів і засобів.

Запропонований спосіб, має бути достатньо простим і ефективним, також його використання має достатньо ефективним для вирішення цієї проблеми.

Запропонований спосіб боротьби з пилом, має передбачати можливість його використання протягом всього року, при температурах як вище нуля так і нижче.

1. Короткі відомості про підприємство.

Родовище шахти «Батьківщина» розташоване в Саксаганському районі міста Кривий Ріг.

Рудничний двір шахти з півдня та півночі примикає до гірничих відведень рудника ім. Кірова та шахтоуправління «Жовтневе». Західна межа визначається земельним відведенням радгоспу «Червоний шахтар», східна – проммайданчиком видобувних комплексів, довжина гірничого відведення 3,2 км, ширина - 3,8 км площа 12 км².

По східній околиці родовища проходить Придніпровська залізнична дорога зі станцією «Шмаково» та автодорога Кривий Ріг-П'ятихатки.

Поверхня гірничого відведення має невеликий схил до сходу в бік долини ріки Саксагань.

Клімат району континентальний. Середньорічна температура повітря біля +8/+10 при середніх коливаннях від -32°C та до +38°C. Максимальна глибина промерзання ґрунту 0,8-1,0 м. Середньорічна кількість опадів 400-450 мм. Вітри східні, північно-східні та північні зі швидкістю 5 м/с, зрідка 20-25м/с.



Рисунок 1. План-схема розміщення підприємства та мережа його автомобільних доріг.

2. Окреслення проблеми.

Відносно високий рівень захворювань гірників, пов'язаних із транспортними операціями, визначається не лише більшим змістом пилу в повітрі, що виходить за межі ПДК, але і її дисперсним складом. У табл. 2.5. представлені результати досліджень дисперсності пилу руд і порід, проведених В.П. Бересневичем, В.А. Михайловим й ін. [1].

Таблиця 2.1

Частота виявлених профзахворювань працівників основних професій, пов'язаних з переміщенням гірської маси

Професія	Кількість виявлених випадків	
	Абсолютне	%
Машиністи екскаваторів й їхніх помічників	89	53,9
Машиністи тепловозів, електровозів	35	21,2
Водії великовантажних автосамоскидів	27	16,4
Машиністи бульдозерів, тракторів	10	6,1
Машиністи дрезин	2	1,2
Робітники автодоріг	2	1,2

Таблиця 2.2.

Дисперсний склад пилу, %

Розмір фракцій, мкм	Руда		Порода	
	Магнетитова ($f = 14-15$, $\gamma = 3,5$)	Окислена ($f = 13-15$, $\gamma = 3,3$)	Сланці ($f = 6-8$, $\gamma = 3,05$)	Сланці ($f = 14-16$, $\gamma = 3,05$)
50	0.15	0.40	2.40	-
40	5.25	5.25	5.25	-
25	26.00	7.25	39.75	-
16	32.15	30.50	3.75	-
10	10.25	13.75	2.25	>10 мкм – 1.0 7.0
6.3	5.25	10.75	17.25	
4.0	1.50	4.25	5.25	39.0
2.5	0.50	5.00	2.75	
1.6	17.00	20.75	10.75	<2 мкм – 53.0

f - коефіцієнт міцності по Протодьяконову; γ - питома щільність, т/м³;

Дані досліджень свідчать, що до складу пилу розміром менше 10 мкм, що практично не коагулюється, входить : рудний пил – 35-55%, пил сланцевих порід – 38-89%.

2.1. Дослідження ефективності гідрознепилення на автомобільних дорогах

При відсутності засобів закріплення пилячих поверхонь, основою яких є матеріали органічного походження, зв'язування пилу на автомобільних дорогах за допомогою води є одним з найпростіших способів [2,3].

Ефективність зв'язування пилу водою заснована на коагуляції мінеральних часток в агрегати, які під дією повітряного потоку не можуть планувати, тобто підніматися в повітря. Досягається це тим, що сполучною ланкою між мінеральними частками або між часткою й поверхнею дороги виступають водяні містки або манжети.

Одночасно у водяних манжетах виникає тиск що «розклинює», на величину якого впливає стан pH середовища рідини. А. Д. Зимоном експериментально доведено, що відхилення від нейтральної реакції середовища у бік кислої ($pH \approx 2,5$) або лужний ($pH \approx 8-10$) знижує пилу часточок у моношарі до твердої поверхні в порівнянні з дистильованою водою від 2 до 10 разів [3].

З іншого боку, у такому середовищі навколо порошин утвориться сольватна оболонка, що перешкоджає зближенню порошин [4,12]. Це сприяє прискоренню випару вологи, після цього частки пилу залишаються в роз'єднаному стані. Такий процес веде до швидкого руйнування цілісності сипучого середовища й вторинному утворенню пилу.

Установлено, що в автодорозі нежорсткого типу відсутній винос пилу, якщо вологовміст сипучого середовища перебуває вище 6% стосовно маси сухого матеріалу, що відповідає 15-16% стосовно обсягу сипучого середовища при ромбовидній (найбільш щільної) її укладанню. У цьому випадку ефективність придушення пилу водою перебуває в межах 80-85%. Однак тривалість ефективної дії поливу водою автодороги залежить від температури й відносної вологості повітря. В умовах високої температури й низкою вологості повітря ефективність поливу водою автодоріг різко знижується. Так, на Сибайському кар'єрі при температурі повітря плюс 27-30°C і відносної вологості 30% час ефективної дії поливу становило 10-15 хв.

Таким образом, в умовах жаркої пори року ефективно пилоподавлення до ПДК (2 мг/м³) за допомогою використання води здійснювався нетривалий час і після закінчення 2,5-3 годин досягало 3,5-4 мг/м³ і вище.

Отже, при поливі автодороги водою спостерігається короткочасна, хоча й високій ефективності придушення пилу за рахунок її коагуляції водяними містками. Однак тривалість дії ефективного закріплення пилячої поверхні на автодорогах триває від 10 до 60 хвилин.

2.2. Обґрунтування вибору засобів знепилення кар'єрних автодоріг

Основним недоліком автомобільних доріг всіх конструкцій і типів є їхня здатність утримувати дрібнодисперсний пил за рахунок нерівної й шорсткуватої поверхні. Цей недолік властивий більшою мірою технологічним щебеневим і ґрунтовим автомобільним дорогам. З іншого

боку, присутність пилу обов'язково, тому що вона виконує цементуючу роль між кістяковими зернами щебеневої суміші.

Знепилення автодоріг повинне здійснюватися з урахуванням ряду факторів, до яких варто віднести:

- рух автотранспорту з великою вантажопідйомністю (100 т і вище) приводить до напруг у матеріалі конструктивних шарів дорожнього покриття, як наслідок, до руйнування зв'язків між зернами щебенів, утворенню нових вільних поверхонь і збільшенню випару вологи. До того ж така взаємодія між автомобілями й матеріалами дорожнього покриття із щебенів сприяє місцевому утворенню пилу;

- нагромадження полідисперсного й полімінерального пилу відбувається не тільки при стиранні щебенів і просипі колесами автомобілів, але й за рахунок постійного його осідання з повітряних потоків;

- у повітря піднімаються в першу чергу частки з вільним двоокисом кремнію, що мають меншу питому вагу.

При виборі речовин придатних для зв'язування дорожнього пилу варто виходити з:

- оцінки їхньої взаємодії з мінеральними частками, що утворюють пил: характеристики змочування, здатності втримувати пил в агрегатному стані, закріплення його поверхні у вологому стані;

- здатності підтримувати поверхню у вологому стані протягом тривалого часу;

- відповідності нормам санітарної й пожежної безпеки, бути неагресивним стосовно техніки і природи;

- технологія закріплення пилячих поверхонь автодоріг на основі прийнятих речовин повинна бути економічно і технічно доступною.

2.3. Основні способи знепилення автомобільних доріг

По призначенню автомобільні дороги підрозділяються на постійного й тимчасові (перехідного типу).

Постійні, як правило, є дорогами твердого типу (бетонні, асфальтові або асфальтобетонні), а тимчасові (щебеневі, гравійні або ґрунтові) - нежорсткого.

На дорогах з нежорстким покриттям пил утвориться за рахунок стирання породи, що заноситься вітром, колесами автомобілів, зсипається з кузовів і т.д. Крім того, пил і пилоподібні частки осідають на поверхні полотна дороги з повітряного середовища, куди попадають у результаті проведення робіт, що пов'язані з видобутком корисних копалин.

Тому основним способом боротьби з пилінням таких доріг є очищення їхньої поверхні від просипі і пилу. При цьому очищення застосовується як мокре, так і сухе.

Мокре очищення дороги здійснюється автомобілями, обладнаними струменевими гідрантами. Під напором водяного струменя пил і породний дріб'язок відриваються від полотна дороги й несуться на її узбіччя.

Використається також і пасивний спосіб боротьби з пилінням автодоріг шляхом створення водяних завіс або змочування полотна дороги стаціонарними установками постійної або короткочасної дії [4]. Однак, незважаючи на простоту, цей спосіб має той недолік, що пил з дороги не прибирається, а навпаки, накопичується. До того ж мокрий пил на мокрому полотні автодороги, особливо із твердим покриттям, різко знижує коефіцієнт зчеплення коліс автомобіля з дорогою, що у свою чергу знижує безпеку руху транспорту. Тому, на практиці використовується комбінований спосіб, заснований на періодичному сухому очищенні автодороги від рудного дріб'язку механічним способом і паралельним зрошенням.

У цілому, очищення дороги із твердим покриттям дозволяють ефективно знижувати запиленість до 87-95%. Однак експлуатаційні витрати на обслуговування доріг із твердим покриттям у кар'єрах настільки великі, що за прикладом США й Канади від них відмовилися й перейшли до використання автодоріг з нежорстким покриттям.

Широкому використанню тимчасових технологічних автодоріг у Кривбасі сприяє наявність необмеженої кількості гірських порід, з яких виробляються щебені [1].

Сухе очищення щебених і гравійних тимчасових автодоріг неприйнятні через обов'язкову присутність пилоподібних часток у щебені як єдині елементи дорожнього одягу.

Автодороги такої конструкції вимагають постійного пилоподавлення, тому що інтенсивність виділення пилу при пересуванні автотранспорту по необробленій дорозі досягає 11000-12000 мг/с а забрудненість повітря пилом може перевищувати в ПДК 1,7 рази [4].

Одним з розповсюджених способів боротьби з пилом на щебених автодорогах кар'єрів Кривбаса є мокре зв'язування пилу безпосередньо в дорожньому одязі. Простота цього способу базується на легкості механізації процесу поливання дороги й наявності надлишку води в кар'єрах. Цей спосіб здійснюється шляхом поливу полотна автодороги водою із цистерн ємністю до 40 м³, обладнаних на вантажних автомобілях.

Кількість води, необхідна для ефективного придушення пилу на щебених дорозі, визначається температурою й вологістю повітря й коливається, від 0,5 до 3 л/м². Ефективність такого способу боротьби з пилом становить 87-95%, а термін дії коливається від 3-4 годин до 20-40 хвилин у жаркий час, коли відбувається найбільше випаровування вологи [4].

Якщо прийняти за середню витрату 2 л/м² автодороги, то при її ширині 20 м одержимо 40 м³ води на 1 км при одному поливанні. При частоті поливання, у середньому, через кожні 2 години на світлий час доби необхідно дорогу обробити як мінімум 5 разів. Таким чином, середня добова витрата води становить при оптимальних умовах 200 м³, а місячний – 6000 м³

на один км дороги. Для поливання автодоріг, використовується технічна вода, ціна якої порівняно невелика, а відстань доставки становить 3-5 км.

Рясний і частий полив автодороги з метою продовження часу ефективного зв'язування пилу веде до вимивання й виносу пилоподібних часток з верхнього шару дорожнього полотна, що приводить до порушення зв'язків між кістяковими зернами щебенів, і в підсумку - до утворення тріщин, гребенів і т.д. Наслідок - зниження швидкості руху автомобілів.

Крім великої витрати води в жарку пору року, іншим недоліком цього способу є його неприйнятність при мінусових температурах повітря.

Для підвищення ефективності й термінів дії протипилової обробки дороги водою в неї можуть вводити легкорозчинні солі натрію, хлористого кальцію й хлористого магнію різної концентрації. Однак у водяні розчини хлоридів натрію й кальцію необхідно вводити інгібітори корозії, наприклад, фосфат кальцію й ін.

Характерною рисою використання розчинів солей полягає в тому, що поверхня дороги попередньо покривається додатковим шаром піску товщиною 0,03-0,05 м. Цей шар, рясно змочений розчином, служить як би прикриттям дорожнього одягу й не дозволяє певний час сипучому середовищу пересихати. Недолік цього способу полягає в тому, що піщана суміш не утворить кірки на поверхні дороги і після випаровування вологи в свою чергу буде служити джерелом виносу пилу.

В умовах, коли існує дефіцит води, використовується спосіб змішання кам'яного дріб'язку в шарі зношування полотна дороги з гігроскопічною сіллю. У якості останньої використовують солі KCl, NaCl або CaCl₂ [5].

Для цієї мети кам'яний дріб'язок збирають грейдером або легким бульдозером на одну сторону автодороги, посипають сіллю, перелопачують, а потім повторно розстеляють по полотну автодороги. Отримана суміш згодом просочується вологою, одержуваної з повітряного середовища за рахунок гігроскопічних властивостей солей. Під дією транспорту що постійно рухається, вологий кам'яний дріб'язок ущільнюється, у результаті чого утвориться міцна кірка на поверхні полотна автодороги, що не руйнується й не порохить протягом 50-60 діб [5].

Аналогічний результат одержують при використанні в дорожнім покритті порошкоподібного матеріалу солончакового ґрунту із хлоридною засоленістю. Спосіб покриття полотна ґрунтової дороги в цьому випадку передбачає попередній полив дороги водою (0,5 л/м²) з наступним нанесенням шаруючи порошкоподібного ґрунту з витратою 3-5 кг/м². Тривалість знепилення поверхні дороги зберігається протягом 50 доби [5].

Позитивні результати отримані при використанні кристалічних солей хлоридів калію й кальцію на ґрунтових дорогах. Змочена після розсипів сіль просочує ґрунт, що ущільнюється транспортом. При відсутності істотних опадів оброблена дорога не порохить протягом 5-6 місяців.

Істотним недоліком використання гігроскопічних солей у збезводненому виді й у розчинах є їхнє вимивання дощами.

Як у розчинах, так й у твердому стані ці солі можуть використатися для зв'язування пилу на автодорогах при температурі не вище 25-30 °С і відносної вологості повітря вище 40-50% .

Зниження вимивання солей з покриття автодороги досягається шляхом додавання в розчин вапняку, глини або солончакового ґрунту [6]. Однак це ускладнює та здорожує боротьбу з пилінням автодоріг, знижує безпеку руху автомобілів, тому є неприйнятною.

У практиці профілактичних заходів щодо боротьби з пилінням автодоріг поширено спосіб зв'язування пилу органічними речовинами.

Для цих цілей найбільше поширення одержали продукти, які в промисловості є відходами целюлози (на їхній основі сульфітно-спиртова барда - ССБ) і капролактаму (лужний стік - ЛСВК). Проміжною стадією в способі обробки дороги є підготовка на основі зазначених продуктів водних емульсій різної композиції [4].

Також можна згадати такий засіб як сире сульфатне мило (ССМ) – що використовувалось для закріплення пилячих поверхонь хвостосховищ.

Істотним недоліком зазначеного способу зв'язування дорожнього пилу є необхідність організації додаткового виробництва емульсій, що передбачає наявність устаткування, складських приміщень, під'їзних колій і т.д. Крім того, вартість складових емульсій досить висока. Всі разом узяті стримує застосування зазначеного способу в кар'єрах України.

Останнім часом у Російській Федерації знайшли широке застосування рідкі компаундні бітуми (універсини заводського приготування), які на щебеневому полотні автодоріг утворюють еластичні покриття, що не руйнуються під впливом коліс автомобілів.

Ефективність використання рідких бітумів для боротьби з пилом на автодорогах досить висока (85-94%), а тривалість знепилення становить 40-60 днів [2,3]. Ефективність способів закріплення автомобільних доріг представлена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3.

Ефективність закріплення автодоріг різними способами

Тип автодороги	Спосіб знепилення	Кліматичні умови	Час ефективної дії, діб	Ефективність, %
Із твердим покриттям	Сухе очищення грейдерами.	Тепла й холодна пора року		70,0-80,0
	Гідрознепилення			
	машинами;	Тепла пора року	до 1 години	86,7-97,5
	стаціонарними установками		постійно	86,7-97,5
щебеневі і	Закріплення зневодненими солями хлоридів			

гравійні	розсипом;	Тепла й холодна пора року	5-6	80,0-84,0
	у суміші з кам'яним дріб'язком;	Тепла пора року	30-40	80,0-84,0
	Гідрознепилювання			
	полив водою;	Тепла пора року	20-40 хв.	86,7-97,5
	водними розчинами солей хлоридів;		4-6	86,7-97,5
	водними емульсіями на основі ССБ із добавками органічних речовин;	Холодна й тепла пора року	60-90	82,0-91,1
	водними емульсіями на основі ЛСВК із додаванням органічних речовин;		60-90	83,0-92,5
	нафтопродуктами і компаундними системами (універсини, неогріни, северіни тощо)		10-40	90,0-98,0
Покриття дорожнього полотна зволоженою глиною	Тепла пора року	2	80,0-97,0	
Ґрунтові	Зневодненими солями			
	розсипом;	Тепла пора року	3-4	80,0-84,0
	у суміші із ґрунтом;		6-7	80,0-89,0
	Гідрознепилення			
розчинами солей хлоридів	Холодна й тепла пора року	6-10	85,0-93,5	

З таблиці видно, що поставленим вимогам, найбільше повно відповідає спосіб закріплення шляхом утворення плівкових покриттів.

Однак дефіцит вихідних речовин для плівкоутворювальних покриттів поряд з їхньою високою вартістю є перешкодою для широкого застосування

в кар'єрах Кривбасу. Також до недоліків можна віднести їх руйнування під постійною дією руху автотранспорту.

Постійний істотний ріст цін на засоби знепилення органічного походження спричиняє широке використання в Кривбасі гідрознепилення, незважаючи на те, що цей спосіб має серйозні недоліки, а ефективність носить короткочасний характер.

2.4. Машини, що можуть використовуватись для знепилення кар'єрних автодоріг

У процесі експлуатації автодоріг у кар'єрах, при їхньому поточному ремонті й боротьбі з пилінням використовується комплекс шляхово-транспортних машин, механізмів, а також баз для зберігання й приготування пилосв'язуючих речовин.

Номенклатура техніки залежить від конструкції доріг, що обслуговуються, і умов їхньої експлуатації.

Для обслуговування автодоріг із твердим покриттям промисловість випускає автомобілі КРАЗ, ЗІЛ, БілаЗ з комплексним устаткуванням, що включає плуги для збирання просипів і щітки для підмітання пилу, пристрою для поливання доріг і механізми для розкидання сипучих матеріалів (рис. 2., 3.). Це машини МКД-433362 і МКД-433362-01-03, характеристики яких представлені в табл. 2.4.

На ділянках автомобільних доріг із твердим покриттям, які перебувають поза зоною дії пилової хмари, що утвориться при підіривних роботах, можуть бути використані стаціонарні зрошувальні системи. Вони складаються із труб, прокладених паралельно дорозі, з яких через вертикальні відводи вода розпорошується форсунками.

Далекобійність форсунок визначається їхньою конструкцією і тиском води в трубопроводах.

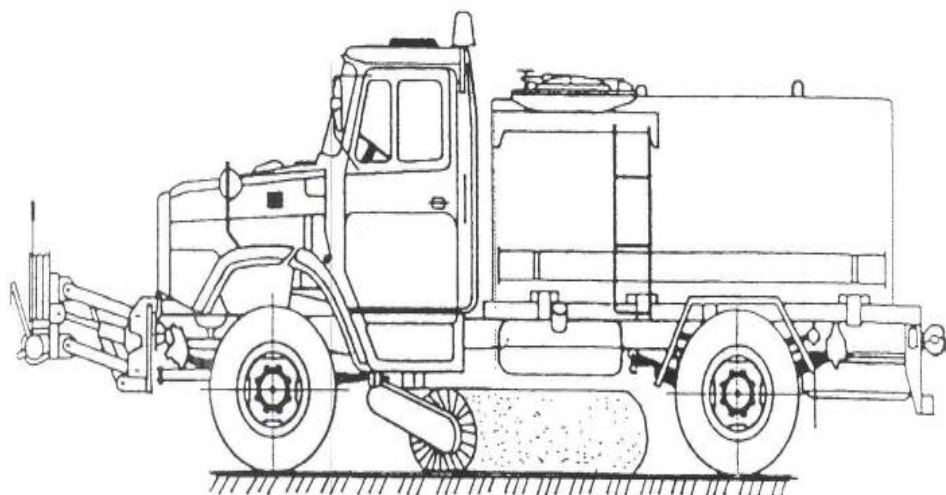


Рисунок 2. Машина дорожня комбінована (МКД – 433362).



Рисунок 3. Машина поливальна на базі автомобіля БілаЗ.

Таблиця 2.4.

Технічні характеристики машин для прибирання автодоріг

Модель	Місткість цистерни, м ³	Ширина робочої зони, м			Швидкість пересування, км/год.	Витрати води, л/м ²
		При поливі	При мийці	При роботі щіткою		
АОП-35	35,0-40,0	15,0			До 20	1,0-3,0
ПМ-130	6,0	до 18,0	до 8,0		До 21	0,25-0,3
МКД-433362	6,5	20,0	8,5	2,75	20-40	0,2-0,3
МКД 433362-02	6,5	20,5	10,0	2,3	20-40	0,2-0,3
УМП-1	30,0	15,0			до 40	0,2-0,3

Витрата води (м³/година) визначається з формули :

при безперервному зрошенні

$$V_v = q_y BL, \quad (2.1)$$

при періодичному зрошенні

$$V_v = q_y BL(t_u + t_m)/t, \quad (2.2)$$

де q_y - питома витрата води на зрошення, м²/година; L - довжина зрошуваної ділянки дороги, м; B - ширина полотна дороги, м; t_u - тривалість одного циклу зрошення, година; t_m - час між циклами зрошення, година.

Особливий підхід потрібно при знепиленні кар'єрних щебневих доріг тимчасового типу, тому що в їхню конструкцію споконвічно включають не тільки кам'яний дріб'язок, але й пилоподібні частки, необхідні для цементації

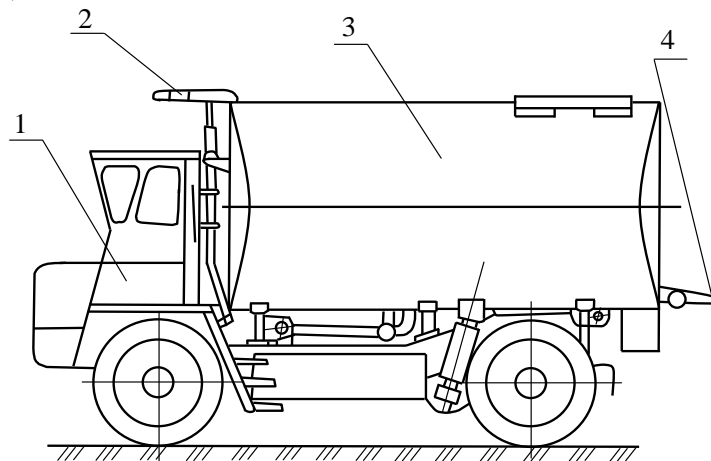
кістякових зерен щебеневої суміші. Тому догляд за такими дорогами передбачає не тільки очищення від бруду, але й відновлення щебеневого покриття, для чого використовуються грейдери.

У тому випадку, коли для профілактики виносу пилу використовуються речовини на основі нафтопродуктів або їм подібні, то вони розливаються по полотну дороги гідромоніторами серії ДС-640

При використанні води для зв'язування пилу необхідне рясне змочування щебеневої суміші для того, щоб волога проникнула в нижні шари щебенів. Цим досягається основна мета: пилоподібні частки по всій глибині дорожнього одягу перебувають у змоченому стані, виконуючи при цьому роль сполучного середовища для кістякових зерен.

Для змочування щебених автодоріг у кар'єрах використовуються поливальні машини на базі автомобілів КРАЗ та ЗІЛ (ПМ – 130, МКД), які здійснюють розлив рідини через гребінку, установлену на передній рамі шасі. Такі машини забезпечують питому витрату води в межах 0,2-0,3 л/м³, що іноді не дозволяє здійснити просочення щебенів на необхідну глибину.

Тому в кар'єрах Кривбасу знайшли широке застосування поливальні машини типу АОП-35, виготовлені на базі автомобілів БілАЗ, що мають ємність для води до 35 м³, а для розливу - гідромонітор, гребінку спереду й труби позаду (рис.4).



**Рисунок 4. Автомобіль для зрошення і пилоподавлення в кар'єрах :
1 - шасі; 2 - монітор; 3 - цистерна; 4 - розпилювачі**

При обробці полотна щебеневої дороги водою її розлив з автомобіля АОП-35, як правило, здійснюється через дві труби, установлені з боків на задній частині ємності. Поперечний переріз труб перекривається конусними засувками, які дозволяють регулювати витрату води й розміри водяного смолоскипа над дорогою. Продуктивність поливальних машин (м³/година)

може бути визначена з формули:
$$V_n = \frac{V_e}{\kappa_{ож} \left(\frac{V_e}{V_n} + \frac{V_e}{V_3} + \frac{L_c}{V_x} + \frac{L_c}{V_r} \right)}, \quad (2.3)$$

де V_e - обсяг ємності для рідини, м³; $\kappa_{ож}$ - коефіцієнт, що враховує втрати часу на перехрестях, заправній станції й т.д.; V_n - подача насоса або витрати

води при витіканні її із труби, м³/година; V_3 - подача насоса заправної станції, м³/година; V_x, V_r - середня швидкість руху автомобіля відповідно в неодруженому й вантажному напрямках, км/година; L_c - середня відстань від заправної станції до ділянки поливання, км.

$$N_n = \frac{k_p L B q_n n_q}{V_n}, \quad (2.4)$$

де $k_p = 1,25$ – коефіцієнт резерву машин; L - довжина експлуатованих доріг, м; B - ширина дороги, що поливає м; q_n - питома витрата води на одне поливання, м³/м²година; n_q - частота поливів дороги в годину.

2.5. Характеристика експлуатаційних властивостей засобів знепилення автодоріг

На вибір засобів знепилення технологічних автомобільних доріг, має вплив ряд факторів, серед яких головними є: матеріал дорожнього покриття, кліматичні умови, безпека для людей, живої й неживої природи й економічна доцільність.

Найбільш поширені засоби для зв'язування дорожнього пилу підрозділяються на два типи - тверді й рідкі (табл.2.5.).

Тверді речовини – це в основному збезводнені солі хлоридів (NaCl, KCl, CaCl₂), що володіють здатністю сорбувати на своїй поверхні вологу з повітряного середовища. Ці солі використовують у розсипах на ґрунтових дорогах, коли вони під дією коліс минаючого транспорту впроваджуються в матеріал дороги й у холодний час доби усмоктують із повітря вологу. Змочений в такий спосіб пил на дорожнім полотні з'єднується у великі агрегати. Кристалічні речовини у вигляді збезводнених солей використовуються в районах, де спостерігається дефіцит води й випадають слабкі опади, що виключає вимивання солей з полотна дороги.

Істотним недоліком речовин у вигляді збезводнених солей є їхня агресивність до живої й неживої природи та до металів. Висока їхня розчинність приводить до вимивання з верхнього шару полотна автодороги.

Таблиця 2.5.

Характеристики засобів знепилення автодоріг

Назва закріплюючої речовини або композиції	Склад композиції, %	Оптимальна витрата, кг/м	Ефективність, %	Тривалість зв'язування пилу, доба.	Недоліки
1. Вода		2. 0-3.0	86,7-97,0	30-40 хв.	Короткострокова дія
2. Сланцева олія		0. 8-2.0	82,0-88,0	30-50	Агресія до гуми

3. Нафтове паливо		0. 9-1.2	90,0-97,0	30-60	Те ж
4. Мазут 80		1. 5-2.0	90,0-97,0	20-30	Те ж
5. Мазут 100		1. 5-2.0	90,0-97,0	20-30	Те ж
6. Універсин А		1. 3-1.4	90,0-98,0	10-14	Те ж
7. Ніогрин		2. 5-3.0	82,3-93,3	3-4	Те ж
8. Северин А		1. 8-2.4	91,4-95,6	6-10	Те ж
9. Северин В		1. 8-2.4	90,0-97,0	10-20	Те ж
10. Бітум рідкий		3. 0-3.5	92,0-96,5	60	Те ж
11. Гудрон		2. 5-3.0	90,1-94,0	45-60	Те ж
12. Сульфонат лігніну	Солі Са, Na, кислот	0.4	86,0-93,6	30-35	Нестійкий до води
13. Зневоднені солі NaCl, KCl, CaCl ₂		0.6-0.7	77,0-89,1	10-15	Агресія до металів, вимивається дощами
		0.6-0.7	79,2-92,4	16-32	
14. Суміш солей	NaCl - 50 CaCl ₂ – 50	0. 6-0.7	80,0-92,6	16-20	Те ж
15. Водяний розчин солі, %	CaCl ₂ – 30 Вода - 70	2. 0-2.5	88,0-97,1	10-12	Те ж
16. Глинисті покриття щебенів	Глина-90 Вода-10		80,0-89,0	6-7	Труднощі керування авто
17. Емульсії; %:					
суміш бітуму й сульфітно-спиртової бражки;	Бітум-50-60 ССБ-1,75 Вода-38,25	1.2-1.5	84,0-90,1	30-40	Ароматичні виділення, агресія до гуми й вимивається, труднощі в підготовці
сульфітно-спиртова бражка і універсину;	ССБ-50 Універсин-10-30 Вода-20-40	2.0-2.5	87,0-92,8	5-20	
сульфітно-спиртова барда (ССБ);	ССБ-40 Вода-60	2.5-3.0	94,0-97,5	20-30	
пластифікатора формиатно - спиртового (ПФС);	ПФС-10-90 Вода-90-10	1.5-2.0	92,0-93,8	4-6	

лужний стік виробництва капролактаму (ЛСВК);	ЛСВК-10-50 вода 90-50	1.2-2.0	86,3-93,7	40-60	Те ж
суміш ЛСВК із бітумом;	ЛСВК-30 Бітум-5-15 Вода-50-65	1.0-1.2	93,0-95,5	40-60	Те ж
суміш ССБ, бітуму й цементу.	ССБ-32 Бітум-10 Цемент-2 Вода-56	3.0-5.0	96,0-97,0	60-90	Те ж
18. Суміш кам'яного дріб'язку із зневодненою сіллю CaCl ₂		0.6-0.8	85,0-89,0	30-40	Агресія до металів, природі, вимивання дощами

З рідких засобів, використовуваних для зв'язування пилу, найбільше поширення одержали вода й водянні розчини гігроскопічних солей хлоридів, а також водні емульсії з речовин органічного й неорганічного походження в різних композиціях [7]. Для обробки поверхні автодоріг можуть використовуватись нафта й продукти нафтопереробки в чистому виді.

Дослідженнями встановлено, що найбільший ефект гідрознепилення за рахунок прилипання до твердих поверхонь відбувається при використанні дистильованої води, що володіє нейтральним середовищем. Ефективно зв'язується пил з водопровідною питною водою. Однак значні обсяги, необхідні для змочування сипучих матеріалів доріг, роблять економічно не вигідною її використання. У кар'єрах, де є значні водопитоки, для зрошення вибоїв і поливання автодоріг використають технічну воду, у якій кількість розчинених солей недостатня (5-8%), щоб після висихання утворити кристалічні містки між мінеральними частками й тим самим утримувати їх у зв'язаному стані.

Тому змочені технічною водою мінеральні частки мають на своїй поверхні солювату оболонку з розчинених речовин, що перешкоджає прилипання часточок до більшої твердої поверхні і їхнього зближення. У результаті цього при висиханні дорожнього полотна мінеральні частки залишаються роз'єднаними. Це приводить до того, що агрегати, що складаються з пилу, швидко й легко руйнуються колісьми автомобілів [10]. Гідрознепилення ефективно при відносній вологості повітря більше 65%.

Більше ефективними пилзв'язуючими засобами є водянні розчини гігроскопічних солей. При нанесенні на сипуче середовище водних розчинів, іони розчинених солей адсорбуються на поверхні мінеральних часток і насичують солювату оболонку. У результаті утворюються сольові містки, які здатні більш міцно удержати пил в агрегатах. Гігроскопічність солей

дозволяє компенсувати вологу, що випарувалася з пилу, шляхом поглинання її з оточуючого середовища.

Серед досліджених водяних розчинів солей хлоридів калію, натрію й кальцію переважне поширення має хлорид кальцію, що найбільш ефективний у розчинах концентрації 30-50%. Однак його дія обмежена температурою +30°C і вологістю не нижче 50%. Крім того, істотним недоліком розглянутих солей є їхня агресивність до металів і неживої природи. Ця обставина вимагає уведення в розсипі або у водяні розчини дорогих інгібіторів корозії.

Що стосується солі хлориду магнію, то відзначається ефективність зв'язування нею дорожнього пилу.

На розрізах і кар'єрах знайшли застосування такі матеріали, як відходи целюлозно-паперової промисловості, що містять лігносульфати : сульфідно-целюлозний луг, сульфідно-дріжджова бражка і їхньої суміші.

Після переробки сульфідного лугу одержують сульфідно-спиртову бардові з високими в'язкими й поверхнево-активними властивостями. Вона виступає в ролі емульгатора при готуванні бітумної емульсії, що на дорозі утворить стійку плівку. Однак, незважаючи на тривалість її дії (4-6 днів), емульсія нестійка до опадів у вигляді дощу.

Водяні розчини ССБ скріплюють між собою дрібні частки дорожнього покриття, а заповнені речовиною пори між великими частками утворюють плівку, що перешкоджає руйнуванню дорожнього одягу в сухому кліматі.

Однак використання лігносульфонатів у чистому виді не дає задовільних результатів через пересихання поверхневої кірки, що руйнується під дією навантаження від автомобілів. Тому лігносульфонати використовують у вигляді композицій з матеріалами, які самі по собі є продуктами відходів інших виробництв. Все це стримує їхнє застосування на гірничодобувних підприємствах, особливо тих, які знаходяться на великих відстанях від основних районів від лісозаготівель і лісопереробки.

У кар'єрах Кривбаса, певне поширення одержала розроблена в КТУ емульсія на основі бітумів, у складі якої емульгатором є лужний стік виробництва капролактаму (ЛСВК) разом з водою. Всі три компоненти (бітум нафтовий - 5-10%, ЛСВК - 30-35%, вода - до 100%) розігріваються до 90-100 °С і механічно перемішуються до одержання стійкої емульсії. Важливим достоїнством отриманої емульсії є її здатність зменшувати поверхневе натяги рідини на щебені й тим самим якісно його змочувати. Оброблене такою емульсією полотно автодороги не порохить у плинні 40-60 доби, а ефективність придушення становить 93-95,5%.

Але до недоліків можна віднести високу вартість та необхідність наявності спеціальної матеріально-технічної бази та навченого персоналу.

У цей час відомі багато речовин, що тією чи іншою мірою відповідають даним вимогам. Найбільш ефективні технології зв'язування пилу засновані на використанні речовин органічного походження. Однак через високу вартість вихідних речовин, енергоємності технологій закріплення, вони стають економічно неприйнятними. До того ж багато речовин і матеріали просто дефіцитні, тому що виробляються за межами нашої держави.

Використання гігроскопічних солей у зневодненому виді малоефективне при розсипах по поверхні дороги, а при змішуванні з матеріалом дорожнього полотна різко підвищують енергоємність способу.

Найбільш перспективним є використання водяних розчинів солей хлористого калію, натрію, кальцію й магнію. По складу розчини можуть бути однорідними й змішаними, штучними й природними.

Аналіз використаних літературних джерел показує, що основними параметрами розчинів солей, що мають вплив на якість зв'язування пилу, є:

- температура кристалізації солей у розчині;
- мінімальні коефіцієнт поверхневого натягу і кут змочування розчину солей;
- мінімальна розчинність солей у воді;
- агресивність та екологічна небезпека для живої й неживої природи;
- пожежонебезпека;
- вартість продукту.

Основні хімічні, фізико-хімічні властивості і техніко-економічні показники солей, що входять у розчини, представлені в табл.2.6.

Таблиця 2.6.

Основні хімічний-хімічні-фізико-хімічні властивості й експлуатаційні показники водяних розчинів солей хлоридів

Показники	Водяні розчини солей		
	NaCl	CaCl ₂	MgCl ₂
Радіус катіонів, м · 10 ⁻¹⁰	Na ⁺ 0,98	Ca ²⁺ 1,06	Mg ²⁺ 0,78
Зміст хлоридів у солях, %	93-99,7	67-95	24-47
Розчинність у воді, кг/кг	0,357 при 10°C	0,745 при 20°C	0,536 при 20°C
Питома щільність, кг/м ³	2165	1680	1560
Температура кристалізації, °C		45,3	116,7
Коеф. поверхневого натягу, Н/м	При конц. 20% 77	При конц. 29% 81	
Агресивність	Агресивний до металів	Агресивний до металів	Агресія до алюмінієвих сплавів
Санітарна небезпека	Обмежено Небезпечний	Не небезпечний	Безпечний Використається в медицині
Пожежонебезпека	Пожежобезпечні		
Гігроскопічність	Солі і розчини гігроскопічні		

Слід зазначити, що реагенти на основі NaCl і KCl для закріплення пилячих поверхонь в рідкому виді практично не використовуються через їхню агресивність стосовно живої й неживої природи, а також до металів. У

протилежному випадку виникає необхідність введення в розчини інгібіторів корозії, що ускладнює й здорожує їхнє застосування. Реагенти на основі солей Na і KCl використовують для заходів спрямованих проти ожеледиці.

Суттєве значення для зв'язування дорожнього пилу при температурі зовнішнього повітря до плюс 30-40 °С, грає зв'язана в кристалах солей вода.

Так, хлорид кальцію $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ при температурі до плюс 30°C представляє собою кристалогідрат, а наявність води в кристалах солі сприяє підтримці дорожнього пилу у вологому стані.

Однак уже при досягненні температури плюс 30°C хлористий кальцій починає губити внутрішню вологу, спочатку дві молекули води, а при плюс 45,3°C - переходить у безводну форму, тобто кристалізується. Такий механізм видалення води із солі призводить до того, що в умовах зазначених температур, супроводжуваних низькою вологістю повітря, хлористий кальцій сприяє пересиханню пилу у верхній частині дорожнього полотна і втрачає своє призначення його мокрого зв'язування.

На відміну від кристалогідратів хлористого кальцію, хлорид магнію $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ існує до температури плюс 111,7°C у вигляді розпливчатих, аморфних кристалів, з гігроскопічністю вищою, ніж хлористий кальцій.

Із цього випливає, що збереження кристалогідрату хлористого магнію в розпливчастому стані при температурі вище 40°C, на відміну від хлористого кальцію, сприяє створенню більше стійких аморфних сольових містків, що зв'язують окремі порошини і їхні агрегати.

Важливою особливістю хлористого магнію є та обставина, що радіус його катіона на одну третину менше кальцію хлористого. Оскільки розчин бішофіта багатокомпонентний, те й кількості солей при осадженні їх на поверхню мінеральних часток буде потрібно менше, а їхня щільність буде більше. До того ж інші солі, температура кристалізації яких нижче, будуть одержувати додаткову вологу при висиханні.

До цього варто додати ще одну важливу властивість хлористого магнію, що має істотне значення при гідрознепиленні автомобільних доріг - гірша, у порівнянні із хлористим кальцієм, розчинність у воді (табл. 2.3). Це властивість позитивно впливає на його збереження у конструктивному шарі зношування полотна автодороги, тому що при опадах у вигляді дощу він погано вимивається із щебеневої суміші.

Велике поширення одержав хлористий магній природного походження (бішофіт) – продукт розчинення прісною водою підземних шарів солей (в Україні в районі Полтави), що являє собою багатокомпонентний розчин щільністю 1,25-1,26 г/см³ [8], що дозволено використати при роботі із сипучими матеріалами.

Оцінка основних показників розчину природного бішофіта, представлених в табл. 2.11., свідчить про те, що він у порівнянні з розчином інших хлоридів найбільше повно відповідає санітарним, екологічним, пожежним й експлуатаційним вимогам, необхідним для закріплювачів при гідрознепиленні автодоріг.

Фізико-хімічні властивості розчину РПБ

Назва показників	Норма	
	РПБ	
Зовнішній вигляд	Безбарвна, масляниста рідина без запаху	
Щільність при 20°C, мг/м ³	Не менш 1250 мг/м ³	
Загальна мінералізація, кг/м ³	Не менш 320	
Розчинність у воді	Гарна	
Агресивність	Неагресивний	
Токсичність	Нетоксичний	
Пожежонебезпека	Негорючий, вибухобезпечний	
Вміст, %:	Іонів магнію, Mg ⁺²	Не менше 7
	Хлорист. магнію, MgCl ₂	Не менше 24
	Хлорист. натрію, NaCl	Не більше 5
	Сульфат іонів CO ₄ ⁻²	Не більше 1
	Хлорист. кальцію, CaCl ₂	Не більше 0,5
Температура замерзання, °C	- 35,5	
Клас небезпеки	Четвертий	

2.6. Результати промислових досліджень ефективності запропонованого засобу закріплення пилячих поверхонь

На ПАТ «ІнГЗК» та ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» було проведено серію досліджень ефективності використання водного розчину природного бішофіту для закріплення пилячих поверхонь кар'єрних автодоріг [9].

Дослідження показали, що бішофіт є все погодним ефективним засобом боротьби з пилінням на кар'єрних автошляхах, при його використанні забрудненість повітря пилом знижується в 2,0-7,0 раз (табл. 2.12.). Оптимальні витрати було прийнято на рівні 2,0 л/м², що дозволяє підтримувати забрудненість повітря пилом в межах допустимих норм (2,0 мг/м³) протягом тривалого часу (14-15 діб). До основних переваг бішофіту також можна віднести простоту його використання і нанесення, можливість використання розчину протягом всього року, неагресивність до металів, негорючість, четвертий клас небезпеки тощо.

Для РПБ нема необхідності побудови спеціальних баз приготування чи зберігання розчинів, оскільки він доставляється в залізничних цистернах і використовується без додаткової підготовки. (рис. 5.).

Після нанесення водного розчину природного бішофіту, закріплена поверхня залишається вологою, і на відміну від поверхонь оброблених закріплювачами що формують суцільну плівку (шкірку) краще переносить постійні механічні навантаження.

Вимивання дощами відбувається досить поступово, і основний вплив на закріплену поверхню мають колеса автотранспорту що перемішують і виносять закріплений шар пилу.

Для збільшення ефекту проникнення розчину в матеріал дороги, перед нанесенням бішофіту рекомендується обробити дорогу технічною водою з витратами 2,5 л/м².

Водний розчин природного бішофіту, маючи значні гігроскопічні властивості буде отримувати вологу не лише з опадів а і з повітря, що дозволяє підтримувати постійну високу вологу. Вдень вологість знижується, але протягом ночі-ранку вона знову відновлюється.



Рисунок 5. Заправка гідромонітора бішофітом

Таблиця 2.8.

Результати промислових досліджень ефективності закріплення пилячої поверхні кар'єрних автодоріг на ПАТ «АМКР» та ПАТ «ІнГЗК»

Час після нанесення, діб	Забрудненість повітря над дорогою мг/м ³		V вітру м/с	Відносна вологість, %	t повітря °С	Підприємство
	Контрольна ділянка	Оброблена бішофітом ділянка				
2,0	4,5	0,57	2,0-2,5	75,0	19,0	ПАТ «АМКР»
3,0	-	0,63	1,5-2,0	70,0	20,0	ПАТ «АМКР»
4,0	3,4	0,75	1,0-1,5	65,0	19,0	ПАТ «АМКР»
5,0	-	0,84	1,0-1,5	65,0	19,0	ПАТ «АМКР»
6,0	-	0,96	1,5-2,0	65,0	18,0	ПАТ «АМКР»

7,0	5,6	1,11	2,5-5,0	70,0	18,0	ПАТ «АМКР»
9,0	4,5	1,25	2,0-2,5	70,0	18,0	ПАТ «АМКР»
10,0	4,5	1,43	1,5-2,0	65,0	18,0	ПАТ «АМКР»
15,0	4,8	1,95	2,0-2,5	70,0	17,0	ПАТ «АМКР»
5,0	5,2	1,20	2,5-3,0	80,0	22,0	ПАТ «ІнГЗК»
15,0	4,9	1,95	2,0-3,0	75,0	21,0	ПАТ «ІнГЗК»

Для нанесення закріплювача використовувались гідромонітори на базі автомобілів БілаЗ (нанесення відбувалось за допомогою розбризкувачів що знаходились позаду автомобіля) рис. 6.



Рисунок 6. Нанесення бішофіту на закріплювану поверхню.

При використанні водного розчину природного бішофіту в зимовий період, закріплена поверхня кар'єрних доріг залишалась вологою а сніг що потрапляв на неї танув (рис. 7.).

Використання інших закріплювачів протягом зимового періоду або цілком неможливо або процес нанесення суттєво ускладнюється.

Використання водного розчину природного бішофіту в якості засобу для боротьби з ожеледицею на кар'єрних автодорогах [9] не знайшло використання, хоча розчин і сприяє таненню льоду що покриває дорогу.

Більш доцільним є нанесення бішофіту перед настанням морозів що призводить як до зменшення виносу пилу так і до запобігання утворення на поверхні дороги ожеледиці.



Рисунок 7. Закріплена ділянка автодороги

Після нанесення бішофіту на кар'єрну дорогу, навіть візуально вона залишається вологою попри механічні навантаження і температуру повітря (рис. 8.).



Рисунок 8. Стан дорожнього покриття після нанесення бішофіту.

Висновки :

1. Установлено, що концентрація пилу в атмосфері при транспортуванні гірської маси по автомобільних дорогах у більшості випадків перевищує ПДК.
2. Раніше запропоновані речовини закріплення пилячих поверхонь діючих автодоріг, мають численні недоліки такі як висока ціна, труднощі у приготуванні і використанні, агресивність, пожежонебезпечність, тощо.
3. Водний розчин природного бішофіту не потребує використання спеціальної поливальної техніки, його нанесення можливо виконувати наявними на підприємстві автоцистернами і гідромоніторами
4. Використання бішофіту можливо як в літній так і в зимовий період, що дозволяє протягом всього року надійно закріпити поверхню кар'єрних доріг.
5. Нанесення розчину з інтервалами раз в 14-15 діб з витратами 2,0 л/м² та щільністю не менше 1250 кг/м³, дозволяє підтримувати ступінь забруднення повітря пилом в межах норми.

Список використаної літератури :

1. Бересневич П.В., Михайлов В.А., Філатов С.С. Аерологія кар'єрів. Довідник. - М.: Надра, 1990. - 180 с.
2. Лапшин А. Е., Назаренко В. Н., Гацкий А. Н., Нестеренко О. В. Ефективність обеспыливания автомобільних доріг у рудних кар'єрах // Розробка рудних родовищ: Научно-техн. збірник – Кривий Ріг, 2001. – С. 154-159.
3. Боротьба з пилом на відкритих гірських роботах / А.Н. Лобода, Б.Н. Ребристый, В.Ю. Тыщук, А.А. Файермарк, В.А. Чупрун. - К.: Техніка, 1989.- 152 с.
4. Нестеренко О. В. Підняття пилу із сухої поверхні автодороги / Гірський інформаційно-аналітичний бюлетень. – М.: МГУ, 2000, №7 - С. 93-94.
5. Тыщук В.Ю. Розробка й дослідження засобів пылеподавления на кар'єрних автодорогах // Сб. наукових праць НГУ. - Дніпропетровськ, 2004. - С. 213-219.
6. Застосування карналита для обеспыливания автомобільних доріг. М.Н.Першин, А.П.Платонов, К.П.Глинская, А.А.Митянин // Автомобільні дороги. - 1969. - №1. - С. 13-14.
7. Семенов Б.А., Пластинина И.Г. Ефективний засіб для придушення пилу на кар'єрних дорогах // Гірський журнал. - 1963. - №4. - С. 68-69.
8. Полтавський бішофіт у медицині: дослідження та перспективи. М.С.Скрипніков, Ю.М.Козаків, О.В.Катехін та ін. // Екологічні аспекти застосування природних розчинів та мінералів: Наук.-практ. конференція. - полтава, 2000. Вип. 1(9). - С. 203-207.
9. Домнічев М.В. Розробка технології знепилювання хвостосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу /Домнічев М.В. / Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук – Криворізький технічний ун-т.- Кривий Ріг, 2010. 129с.