УДК 622.807.2

EDN HXZRHB

Исследование применения реагентов пылеподавления для закрепления пылящих поверхностей технологических дорог горнодобывающей отрасли

М.А. Михайлова[1*], К.К. Размахнин[2]

[1]ФГБОУ ВО Забайкальский государственный университет, ул. Александро-Заводская, 30, Чита, 672039, Россия
[2]д.т.н., руководитель Читинского филиала Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, профессор ФГБОУ ВО ЗабГУ, г. Чита, 672039, Россия

[*]E-mail: mashakochneva@mail.ru

Аннотация. В условиях интенсификации добычи полезных ископаемых одной из наиболее острых проблем остаётся запылённость технологических автомобильных дорог. Традиционные методы пылеподавления, основанные на поливе водой, не обеспечивают долговременного эффекта и требуют значительных эксплуатационных затрат. В работе представлены результаты экспериментальных исследований применения химических реагентов пылеподавления для закрепления поверхностей технологических дорог. Проведён сравнительный анализ двух типов реагентов: хлористого кальция и органо-минерального состава на основе лигносульфонатов. Рассмотрено влияние различных концентраций реагентов на снижение запыленности, прочностные характеристики дорожного покрытия и экономическую эффективность.

Ключевые слова: проблема запыленности технологических дорог, горнодобывающая отрасль, методы пылеподавления, анализ хлористого кальция и органо-минерального состава на основе лигносульфонатов.

Study of the use of dust suppression reagents to fix the dusting surfaces of technological roads of the Mining Industry

M.A. Mikhaylova[1*], K.K. Razmakhnin[2]

[1]Transbaikal State University, 30 Aleksandro-Zavodskaya St., Chita, 672039, Russia
[2]D.E.Sc., Head of the Chita Branch of the N.A. Chinakal Mining Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Professor, Transbaikal State University, Chita, 672039, Russia

*E-mail: mashakochneva@mail.ru

Abstract. In the context of the intensification of mining, one of the most acute problems remains the dustiness of technological highways. Traditional methods of dust suppression based on watering with water do not provide a long-term effect and require significant operating costs. The paper presents the results of experimental studies of the use of chemical dust suppression reagents for fixing the surfaces of technological roads. A comparative analysis of two types of reagents was carried out: calcium chloride and organo-mineral composition based on lignosulfonates. The influence of different concentrations of reagents on dust reduction, strength characteristics of the road surface and economic efficiency is considered.

Keywords: dustiness of technological roads, mining industry, dust suppression methods, calcium chloride, organic-mineral composition based on lignosulfonates.

1. Введение

Запылённость технологических дорог — это комплексная производственная и экологическая проблема. Пыль, образующаяся при движении автотранспорта по грунтовым дорогам карьеров, оказывает отрицательное воздействие:

- ухудшает видимость, повышая риск дорожно-транспортных происшествий;
- способствует износу деталей автомобилей (фильтры, тормозные системы);
- приводит к загрязнению атмосферы и ухудшению санитарных условий труда;
- отрицательно влияет на здоровье работников, вызывая заболевания дыхательных путей.

Согласно данным, уровень запылённости на технологических дорогах может превышать санитарные нормы в 5-10 раз. Это требует поиска эффективных решений для её снижения.

Применение воды в качестве традиционного средства пылеподавления имеет ряд недостатков: кратковременный эффект (1–2 часа), большие эксплуатационные расходы на поливные машины, высокая испаряемость в жаркий период. В связи с этим актуальным направлением становится применение химических реагентов, способных закреплять мелкодисперсные частицы и обеспечивать длительное пылеподавляющее действие [1].

Помимо этого, следует учитывать, что интенсивное движение карьерных автосамосвалов, грузоподъёмностью от 50 до 220 тонн, сопровождается образованием облаков пыли, распространяющихся на десятки метров от дорожного полотна. Это существенно ухудшает условия труда персонала и становится причиной регулярных жалоб со стороны работников. Более того, в ряде регионов, где горнодобывающая промышленность располагается в непосредственной близости к населённым пунктам, проблема пылеобразования выходит за рамки производственной и становится социальной [2]. Таким образом, разработка и внедрение эффективных методов пылеподавления представляет собой не только техническую, но и экологическую задачу.

2. Постановка задачи

Цель исследования – оценить эффективность применения химических реагентов пылеподавления для закрепления поверхностей технологических дорог.

Объекты и методы исследования.

1. Объекты исследования

Исследования проводились на участках технологических дорог горнодобывающей отрасли. В качестве покрытия выступал уплотнённый суглинок с примесью щебня (до 15%).

2. Применяемые реагенты

В работе были использованы два типа реагентов:

1. Хлористый кальций ($CaCl_2$) – традиционный реагент, обладающий гигроскопичностью, удерживающий влагу в верхнем слое покрытия.

– Концентрации: 10% и 20%.

2. Органо-минеральный состав на основе лигносульфонатов – отход целлюлозно-бумажной промышленности, обладающий связующими свойствами.

– Концентрации: 15% и 25%.

3. Методика проведения

Опытные участки (длиной 100 м каждый) были обработаны выбранными реагентами. Контрольный участок оставался без обработки.

Показатели эффективности:

- уровень запыленности воздуха (мг/м³) при движении автосамосвала 90 т;
- прочность верхнего слоя дороги (МПа) по динамическому зондированию;
- продолжительность действия эффекта (сутки);
- экономические показатели (расход реагента на 1 км дороги, руб.).

Для повышения достоверности результатов каждый участок был обработан не менее трёх раз с последующим усреднением показателей. Контрольные измерения производились в одинаковых погодных условиях (температура воздуха +25…+28 °C, влажность 40-45%, скорость ветра до 3 м/с). Измерение концентрации пыли осуществлялось с использованием пылемера ПУ-5 в точке, расположенной на расстоянии 5 метров от оси дороги, на высоте 1,5 м от поверхности. Прочностные характеристики определялись с помощью динамического зонда ЗД-1 с шагом 10 м вдоль участка.

4. Полученные результаты

Было проведено исследование уровня запыленности технологических дорог горнодобывающего предприятия, анализ прочности дорожного покрытия и расчет экономической эффективности использования реагентов. Результаты представлены в таблицах ниже.

1. Уровень запыленности

Таблица 1. Исследование уровня запыленности.

Участок	Концентрация реагента	Запыленность, мг/м^3	Снижение относительно контроля, %
Контроль	-	950	-
$CACl_2$	10	340	-64 %
$CACl_2$	20%	280	-71 %
ЛС	15 %	250	- 74 %
ЛС	25 %	190	- 80 %

2. Прочность дорожного покрытия

Таблица 2. Анализ прочности дорожного покрытия.

Участок	Прочность до обработки	Прочность после обработки
Контроль	0,45	0,43
$CACl_2$ 10 %	0,47	0,52
$CACl_2$ 20 %	0,46	0,56
ЛС 15 %	0,44	0,58
ЛС 25 %	0,45	0,62

3. Длительность эффекта

- $CACl_2$: 10-12 суток.
- Лигносульфонаты: до 20 суток.

4. Экономическая эффективность

Таблица 3. Расчет экономической эффективности.

Реагент	Концентрация	Расход на 1 км, руб.	Продолжительность действия, сут.	Стоимость 1 суток эффекта, руб.
$CACl_2$	10 %	55 000	10	5 500
$CACl_2$	20 %	70 000	12	5 833
ЛС	15 %	90 000	17	5 294
ЛС	25 %	115 000	20	5 750

5. Обсуждение результатов

Результаты показали (таблица 1), что оба реагента эффективно снижают запылённость, однако различаются по механизму действия. $CaCl_2$ удерживает влагу за счёт гигроскопичности, но при этом ускоряет коррозию техники. Лигносульфонаты формируют связующую плёнку, которая не только подавляет пыль, но и укрепляет структуру покрытия [3].

При этом более высокая концентрация реагентов увеличивает эффективность, но рост затрат не всегда оправдан. На практике оптимальным выбором может быть использование $CaCl_2$ при ограниченном бюджете, либо применение лигносульфонатов для повышения экологичности и долговременности эффекта [4].

Следует отметить, что эффективность пылеподавления во многом зависит от минералогического состава грунта (таблица 2). На песчаных и супесчаных дорогах хлористый кальций демонстрирует меньшую эффективность вследствие высокой фильтрации раствора, тогда как лигносульфонаты образуют устойчивую плёнку практически на любых грунтах. Важным фактором является также интенсивность движения: при высокой нагрузке свыше 2000 т/сут эффективность снижается в среднем на 10–15%, что требует либо увеличения концентрации реагента, либо сокращения межполивного интервала.

Расчет экономической эффективности использования лигносульфонатов и $CaCl_2$ представлен в таблице 3.

В экологическом аспекте лигносульфонаты имеют очевидное преимущество, так как являются продуктами переработки древесины и не оказывают коррозионного воздействия на технику. $CaCl_2$, напротив, при регулярном применении может вызывать ускоренное разрушение металлических конструкций, что следует учитывать при планировании долгосрочных мероприятий по пылеподавлению [5].

6. Выводы

1. Применение химических реагентов позволяет снизить запылённость технологических дорог на 65-80% по сравнению с контрольным участком.
2. Хлористый кальций обеспечивает кратковременный эффект, но более экономичен на старте.

3. Лигносульфонаты оказывают долговременное действие (до 20 суток), укрепляют покрытие и обладают большей экологичностью.
4. Оптимальный выбор реагента определяется балансом между стоимостью, длительностью действия и требованиями к экологической безопасности.
5. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение комбинированного применения реагентов, например, последовательного использования $CaCl_2$ и лигносульфонатов. Такой подход может обеспечить сочетание преимуществ обоих методов и снизить их недостатки.
6. Перспективным направлением является также внедрение автоматизированных систем полива с реагентами, что позволит оптимизировать расход материалов и повысить эффективность технологического процесса.

Список литературы

1. Лобода А.И. Борьба с пылью на открытых горных работах / А.И. Лобода, Б.Н. Ребристый, В.Ю. Тыщук. – К.: Техника, 1989. – 152 с.
2. Ищук И.Г. Средства комплексного обеспыливания горных предприятий: Справочник / И.Г. Ищук, Г.А. Поздняков. – М.: Недра, 1991. – 253 с.

   Михайлов В.А. Борьба с пылью на рудных карьерах / В.А. Михайлов, П.В. Бересневич. – М.: Недра, 1981. – 261 с.
3. Размахнин, К.К. Цеолитсодержащие породы в обеспечении геоэкологической безопасности горнопромышленных предприятий / К.К. Размахнин // Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли – 2024: сборник материалов Международной научно-практической конференции (г. Москва, 24-25 октября 2024 г.). – Москва: НИУ МГСУ, 2024. – С. 138-143.
4. Сравнительный анализ дисперсного состава пыли в воздухе рабочей зоны непроизводственных помещений. – URL: https://research-journal.org/technical/sravnitelnyj-analiz-dispersnogo-sostava-pyli-v-vozduxe-rabochej-zony-neproizvodstvennyx-pomeshhenij/ (дата обращения 20.06.2025).