

К.А. Гузова, П.С. Забродская
ПРОФИЛАКТИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ И СНИЖЕНИЕ
ОБРАЗОВАНИЯ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ
Научный руководитель: канд. мед. наук, доц. Н.А. Дзержинская
Кафедра гигиены труда
Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск

K.A. Guzova, P.S. Zabrotskaya
PREVENTION OF SPREAD AND REDUCTION OF
FORMATION OF COAL DUST
Tutor: PhD, associate professor N.A. Dziarzhynskaya.
Department of Occupational Hygiene
Belarusian State Medical University, Minsk

Резюме. В статье приведены результаты анализа и обобщения результатов исследований, посвященных оценке эффективности методов пылеподавления, проведенных в период с 2022 по 2025 год, с целью выявления наиболее эффективных и экологически безопасных технологий для борьбы с угольной пылью. Проведен аналитический обзор литературы результатов исследований, посвященных оценке эффективности методов пылеподавления, проведенных в период с 2022 по 2025 год, включающий экспериментальную верификацию с использованием молекулярного моделирования, инфракрасной спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии, технологию синтеза и испытаний экологически безопасных пылеподавителей на основе карбоксиметилцеллюлозы, раманолипидов, ксантановой камеди и патоки, оценку эффективности пылеподавителей по параметрам устойчивости к ветровой эрозии, адгезии и водоудерживающей способности.

Ключевые слова: пылеподавление, угольная пыль, технологические мероприятия.

Resume. The article presents the results of the analysis and generalization of the results of studies devoted to assessing the effectiveness of dust suppression methods, conducted in the period from 2022 to 2025, in order to identify the most effective and environmentally friendly technologies for combating coal dust. An analytical review of the literature on the results of studies devoted to assessing the effectiveness of dust suppression methods, conducted in the period from 2022 to 2025, including experimental verification using molecular modeling, infrared spectroscopy and scanning electron microscopy, the technology of synthesis and testing of environmentally friendly dust suppressants based on carboxymethyl cellulose, rhamnolipids, xanthan gum and molasses, an assessment of the effectiveness of dust suppressants in terms of resistance to wind erosion, adhesion and water retention capacity.

Keywords: dust suppression, coal dust, technological measures.

Актуальность. Беларусь обладает значительным потенциалом для развития угольной промышленности, что способствует укреплению энергетической независимости страны [1]. Несмотря на важность угля для экономики, его добыча сопровождается экологическими проблемами и может негативно воздействовать на здоровье работников [2]. Угольная пыль, образующаяся в процессе добычи и обработки угля, является причиной множества заболеваний, что делает её контроль важным аспектом охраны труда и здоровья. Вопрос пылеподавления остаётся актуальным, поскольку эффективные методы защиты от угольной пыли помогут снизить заболеваемость среди работников и улучшить условия труда [3].

Исследование характеристик угольной пыли и методов её контроля является важным шагом для защиты здоровья и экологии.

Цель: провести анализ и обобщение результатов исследований, посвященных оценке эффективности методов пылеподавления, проведенных в период с 2022 по 2025 год, с целью выявления наиболее эффективных и экологически безопасных технологий для борьбы с угольной пылью.

Задачи:

1. Отобрать литературные источники, содержащие результаты собственных исследований
2. Выделить наиболее эффективные методы пылеподавления
3. Провести сравнительный анализ.
4. Разработать рекомендации по использованию методов пылеподавления.

Материалы и методы. Аналитический обзор литературы результатов исследований, посвященных оценке эффективности методов пылеподавления, проведенных в период с 2022 по 2025 год, включающий экспериментальную верификацию с использованием молекулярного моделирования, инфракрасной спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии, технологию синтеза и испытаний экологически безопасных пылеподавателей на основе карбоксиметилцеллюлозы, рамнолипидов, ксантановой камеди, хитозана и патоки, оценку эффективности пыле-подавателей по параметрам устойчивости к ветровой эрозии, адгезии и водоудерживающей способности.

Результаты и их обсуждение. В ходе анализа публикаций выделены основные эффективные и инновационные пылеподаватели:

1. Натрий карбоксиметилцеллюлоза, модифицированная акриламидом.
2. Рамнолипидные соединения.
3. Ксантановая камедь с композиционным поверхностно-активным веществом (XG/ALAP).
4. Уреаза: Microbially Induced Carbonate Precipitation- микробноиндуцированное осаждение карбонатов.
5. Гуминовые кислоты.
6. Пылеподавляющий агент, полученный из отходов креветочных панцирей.
7. Растворы мелассы.

Подробное описание каждого пылеподавателя:

1. Натрий карбоксиметилцеллюлоза, модифицированная акриламидом
Химическая структура: Натрий карбоксиметилцеллюлоза, модифицированная акриламидом, с пористой и волокнистой сетчатой структурой.

Способ применения: Образцы угля обрабатывались пылеподавателем и сушились 14 часов при 60 °С.

Результаты: Образцы сохранили более 50% воды, что в 9 раз превышает удержание воды обычной водой, и устойчивость к ветровой эрозии в 6 раз выше. Источник: Китайские ученые из Технологического университета Хэфэй, 2022 год.

2. Рамнолипидные соединения.

Химическая структура: Композитный смачиватель CS-A-S на основе раманолипида, созданный смешиванием ПАВ.

Способ применения: Исследование проводилось с использованием инфракрасной спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии и молекулярной динамики.

Результаты: Снижено поверхностное натяжение до 23,95 мН/м, увеличен средний размер частиц пыли на 849,13%, уменьшена удельную площадь поверхности на 51,06%, улучшены гидрофильные свойства и адсорбцию на угле, а также снизил коэффициент диффузии воды на 75%.

Источник: Китайские исследователи из Шаньдунского университета науки и технологий, 2023 год.

3. Ксантановая камедь с композиционным поверхностно-активным веществом (XG/ALAP)

Химическая структура: Пылеподавитель на основе гидроксиэтилцеллюлозы, акриламида и стеарилметилакрилата с полимеризацией в мицеллах.

Способ применения: Частицы наносятся на пыль, поглощают воду и увеличиваются в объеме для "самовосстановления".

Результаты эффективности: Хороший покрывающий эффект и высокая эффективность подавления пыли.

Источник: Цзяньфэй Дин и коллеги, Гонконгский университет науки и технологий, 2021 год.

4. Уреаза: Microbially Induced Carbonate Precipitation-микробноиндуцированное осаждение карбонатов

Химическая структура: Микроорганизмы *Bacillus pasteurii*, вырабатывающие уреазу

Способ применения: Обработка угольной пыли *Bacillus pasteurii* для минерализации и образования кальцита

Результаты: Образование кальцита скрепляет частицы пыли, эффективно подавляя пыление

Источник: Гонконгский университет науки и технологий, 2019 год.

5. Гуминовые кислоты

Химическая структура: Гуминовая кислота и акриламид.

Способ применения: Исследование влажностных свойств с помощью молекулярно-динамического моделирования.

Результаты эффективности: Высокая устойчивость к ветровой эрозии (10,2%), ударной нагрузке (3,63%) и предотвращению испарения; образование прочного слоя, предотвращающего распространение пыли.

Источник: Университет Иллинойса, 2021 год.

6. Пылеподавляющий агент, полученный из отходов креветочных панцирей

Химическая структура: Хитозан, акриловая кислота, поливиниловый спирт.

Способ применения: Амидирование с этилендиаминтетрауксусной кислотой, испытания на смачивание.

Результаты эффективности: 85% степень деацетилирования, высокая адгезия к пыли, твердость слоя 98 НА, эффективность фиксации пыли 92,67% при ветровой нагрузке 15–18 м/с.

Источник: Китай, Шаньдунский университет науки и техники, 2021 год.

7. Растворы мелассы

Химическая структура: Патока, побочный продукт сахарной промышленности

Способ применения: Анализ растворов патоки разной концентрации (0% до 40%) на угольную пыль

Результаты эффективности: Уменьшение испарения пыли на 82,8%, склеивание частиц, снижение поверхностного натяжения до 41,37 мН/м, повышение вязкости до 6,79 мПа·с, снижение ветровой эрозии на 99,1%

Источник: Китайские ученые, 2022 год.

Выводы:

1. Классификация: все методы относятся к технологическим методам, за исключением Растворы мелассы. Данный метод относится к санитарно-техническим.

2. По стоимости и сложности применения пылеподаватели были распределены следующим образом:

Самый дешевый и простой: Растворы мелассы. Самые дорогие и сложные: Рамнолипиды, Ксантановая камедь с композиционным поверхностно-активным веществом (XG/ALAP), Уреаза: Microbially Induced Carbonate Precipitation-микробноиндуцированное осаждение карбонатов, Пылеподавляющий агент, полученный из отходов креветочных панцирей.

Умеренные: Натрий карбоксиметилцеллюлоза, модифицированная акриламидом, Гуминовые кислоты.

Литература

1. Министерство энергетики Республики Беларусь. Стратегия развития топливно-энергетического комплекса до 2035 года. – Минск, 2022. – 78 с. URL: <https://minenergo.gov.by>

2. Белорусский научно-исследовательский институт экологии. Оценка экологических рисков угледобычи в Беларуси. – Минск, 2023. – 89 с.

3. Международная организация труда (МОТ). Руководство по контролю за пылью на угольных шахтах. – Женева, 2021. – 45 с. URL: <https://www.ilo.org>