

ПРОФИЛАКТИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ И СНИЖЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ

Гузова К.А., Забродская П.С.

УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Республика
Беларусь

Аннотация. Объект исследования – статьи, содержащие результаты собственных исследований различных авторов по оценке эффективности различных методик пылеподавления в угольной промышленности. Цель исследования: 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. Используемые методы и подходы: 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. Основные результаты: в ходе анализа публикаций выделены основные эффективные и инновационные пылеподаватели: натрий карбоксиметилцеллюлоза и раманолипидные соединения, с высокой эффективностью в снижении пылеобразования и улучшении удержания пыли, устойчивые к ветровой эрозии и обладающие высокими смачивающими свойствами, что способствует снижению повторного распространения пыли. Также установлено, что использование биополимеров является перспективным направлением в борьбе с образованием угольной пыли.

Ключевые слова: профилактика, угольная пыль, пылеподаватели, экологическая безопасность, здоровье работников, технологии.

Введение. Профилактика распространения и снижение образования угольной пыли имеют ключевое значение для обеспечения промышленной безопасности и охраны здоровья. Выделяют следующие группы профилактических мероприятий: технологические, санитарно-технические, медико-профилактические, санитарно-гигиенические. Технологические и санитарно-технические мероприятия имеют решающее значение для предотвращения пылевых заболеваний, поскольку ориентированы на устранение причин загрязнения воздуха пылью. В настоящее время активно разрабатываются современные способы борьбы с угольной пылью, которые в последующем можно внедрять в производство. Они направлены не только на сохранение здоровья работников, но и на охрану окружающей среды. Среди них на сегодняшний день активно внедряется обработка угольной руды или пыли с использованием веществ: натрий карбоксиметилцеллюлоза модифицированная акриламидом, рамнолипидные соединения, ксантановая камедь с композиционным поверхностно-активным веществом, уреазы, гуминовые кислоты, растворы мелассы.

Цель исследования: 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.

Использованные методы и подходы: Был 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, рамнолипидов, ксантановой камеди и патоки, оценку эффективности пылеподавителей по параметрам устойчивости к ветровой эрозии, адгезии и водоудерживающей способности.

Результаты и их обсуждение. В 2022 году опубликованы результаты исследования китайскими учеными Технологического университета Хэфэй пылеподавляющих свойств натрий карбоксиметилцеллюлозы модифицированной акриламидом. Был получен новый тип пылеподавителя. Для его создания модифицировали натриевую карбоксиметилцеллюлозу (далее - СМС-Na) акриламидом (далее - АМ). С помощью молекулярного моделирования и экспериментов оптимизировали состав и концентрацию поверхностно-активных веществ. Экспериментальные результаты показали, что привитый сополимер СМС-Na и АМ обладает большим количеством пор на микроскопической поверхности и уникальной волокнистой сетчатой структурой, что значительно увеличивает площадь контакта с угольной пылью. После 14 часов сушки при 60 °С образцы угля, обработанные этим пылеподавателем, сохранили более 50% воды, что в 9 раз превышает способность удержания воды по сравнению с образцами, обработанными обычной водой. Кроме того, устойчивость пылеподавителя к ветровой эрозии оказалась в 6 раз выше, чем у воды. Это продемонстрировало, что исследуемый пылеподаватель может эффективно подавлять угольную пыль и снижать её воздействие на окружающую среду [1].

Другая группа исследователей из Китая (Вэньцзинь Ниу, академический исследователь из Шаньдунского университета науки и технологий) исследовал свойства рамнолипида, а также разработал композитный смачиватель CS-A-S на его основе, который создавали с помощью смешивания различных поверхностно-активных веществ, подобранных на основе экспериментов и квантово-механического моделирования. Для оценки эффективности использовались инфракрасная спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия и молекулярная динамика. Эксперименты показали, что критическая концентрация мицелл рамнолипида составляет 0,04 %, а поверхностное натяжение — 25,9 мН/м. У пылеподавителя поверхностное натяжение снизилось до 23,95 мН/м, а контактный угол с угольной пылью — 25°. После его применения размер частиц пыли увеличился на 849%, а площадь поверхности снизилась на 51%. Количество кислородсодержащих групп на поверхности угля увеличилось, что улучшило агломерацию и оседание пыли.

Моделирование показало, что смачиватель проникает в уголь на 71 ангстрем и снижает диффузию воды на 75% [2]. Ксантановая камедь с композиционным поверхностно-активным веществом. Для создания экологически безопасного пылеподавителя Цзяньфэй Дин, исследователь из Гонконгского университета науки и технологий, совместно со своими коллегами использовали гидроксиэтилцеллюлозу, акриламид и стеарилметилакрилат с полимеризацией в мицеллах, чтобы предотвратить образование пыли при хранении и транспортировке угля. Частицы пылеподавителя наносятся на скопление пыли, поглощают воду, увеличиваются в объеме и контактируют друг с другом, что позволяет добиться «самовосстановления» и контролировать пыление. Оценка свойств показала, что данный пылеподаватель обладает хорошим покрывающим эффектом, высокой эффективностью подавления пыли и значительным пылеподавляющим воздействием [3].

Учеными Гонконгского университета науки и технологий было проведено следующее исследование: для обеспечения более экологичного и эффективного подавления пыли, а также для продвижения использования высокопродуктивных микроорганизмов, вырабатывающих уреазу, была проведена обработка угольной пыли микроорганизмом *Bacillus pasteurii*. Исследователи смоделировали жизнедеятельность этих микроорганизмов в условиях угольной пыли и изучено, как продукты их минерализации влияют на теплотворную способность верхних слоёв угольной пыли. Результаты показали, что *Bacillus pasteurii* подавляет пыль благодаря образованию осадка кальцита, который скрепляет частицы пыли. В завершение был описан механизм подавления угольной пыли с помощью минерализации микробного раствора, приводящей к образованию карбоната кальция, что играет важную роль в дальнейшем развитии и применении микробных пылеподавателей [4].

Для создания композитного пылеподавателя группа учёных из университета Иллинойса использовали гуминовую кислоту и акриламид. Влажностные свойства пылеподавателя на поверхности угля исследовали с помощью молекулярно-динамического моделирования.

Эксперименты показали, что пылеподаватель обладает высокой устойчивостью к ветровой эрозии, ударной нагрузке и эффективностью в предотвращении испарения. Исследования под микроскопом показали, что пылеподаватель способен заполнять промежутки между частицами угольной пыли и связывать их, образуя прочный консолидированный слой, который эффективно препятствует распространению пыли при хранении и транспортировке угля [5].

Другая группа Китайских ученых изучали возможность создания пылеподавателя на основе патоки — побочного продукта сахарной промышленности. Были проанализированы влияние растворов патоки различной концентрации (от 0% (чистая вода) до 40%) на показатели влажности, связывания и устойчивости угольной пыли к ветровой эрозии. Результаты показали, что патока эффективно агглютинирует частицы угольной пыли, снижает поверхностное натяжение и увеличивает вязкость смачивающего раствора, значительно снижает ветровую эрозию отложенной угольной пыли [6].

Заключение. Современные методы поглощения и подавления пыли представляют собой важный шаг к повышению экологической безопасности и улучшению условий труда на промышленных объектах, особенно в угольной промышленности. Внедрение инновационных материалов, таких как биополимеры, наночастицы и органические соединения, а также использование методов молекулярного моделирования и умных технологий мониторинга, открывает новые возможности для эффективного контроля пылевых выбросов. Таким образом, новые способы поглощения пыли представляют собой перспективное направление, способствующее повышению эффективности борьбы с пылью и снижению её негативного воздействия, одновременно решая задачи устойчивого развития и охраны окружающей среды.

Литература / References.

1. Carboxymethyl cellulose sodium gel: A modified material used to suppress coal dust pollution / Wen Nie, Qifan Tian, Wenjin Niu, Qiu Bao, Mingyue Yuan, Weiwei Zhou, Fengning Yu, Xiao Yan // National Library of Medicine – 2022.- № Dec;215(1). – P. 114234.

2. Development and characterization of a high efficiency bio-based rhamnolipid compound dust suppressant for coal dust pollution control / Wenjin Niu, Wen Nie, Qiu Bao, Qifan Tian, Ruoxi Li, Xiaohan Zhang, Xiao Yan, Jie Lian // National Library of Medicine – 2023.- № Aug 1:330. – P. 121792.

3. Synthesis and Performance of a Novel High-Efficiency Coal Dust Suppressant Based on Self-Healing Gel / Jianfei Ding, Gang Zhou, Dong Liu, Wenjing Jiang, Zunyi Wei, Xiaosu Dong // National Library of Medicine – 2020.- № Jul 7;54(13). – P. 7992-8000.

4. Study on MICP dust suppression technology in open pit coal mine: Preparation and mechanism of microbial dust suppression materia / Gang Zhou, Yixin Xu, Yongmei Wang, Lei Zheng, Yongliang Zhang, Lin Li, Biao Sun, Shuailong Li, Yichun Zhu // National Library of Medicine – 2023.- № Oct 1:343. – P. 118181.

5. Preparation and evaluation of humic acid-based composite dust suppressant for coal storage and transportation / Xiaoxiao Yu, Xiangming Hu, Weimin Cheng, Yanyun Zhao, Zhiang Shao, Di Xue, Mingyue Wu // National Library of Medicine – 2022.- № Mar;29(12). – P. 17072-17086.

6. Suppression Characteristics and Mechanism of Molasses Solution on Coal Dust: A Low-Cost and Environment-Friendly Suppression Method in Coal Mines / Jianguo Liu, Tianyang Wang, Longzhe Jin, Gang Li, Shu Wang, Yixuan Wei, Shengnan Ou, Yapeng Wang, Jingge Xu, Minglei Lin, Jiahui Wang, Xianfeng Liu // National Library of Medicine – 2022.- № Dec 8;19(24). – P.16472.

PREVENTION OF THE SPREAD AND REDUCTION OF COAL DUST FORMATION

Guzova K.A., Zabrodskaya P.S.

Educational Institution "Belarusian State Medical University", Minsk, Republic of Belarus

Annotation. The object of research is articles containing the results of various authors' own research on evaluating the effectiveness of various dust suppression techniques in the coal industry. The purpose of the study: to analyze and summarize the results of studies evaluating the effectiveness of dust suppression methods conducted between 2022 and 2025 in order to identify the most effective and environmentally friendly technologies for controlling coal dust. Methods and approaches used: An analytical review of the literature of research results on evaluating the effectiveness of dust suppression methods conducted from 2022 to 2025, including experimental verification using molecular modeling, infrared spectroscopy and scanning electron microscopy, technology for the synthesis and testing of environmentally friendly dust suppressants based on carboxymethylcellulose, rhamnolipids, xanthan gum and molasses, evaluation of the effectiveness of dust suppressors in terms of resistance to wind erosion, adhesion and water retention capacity. Main results: during the analysis of publications, the main effective and innovative dust suppressants were identified: sodium carboxymethylcellulose and rhamnolipid compounds, with high efficiency in reducing dust formation and improving dust retention, resistant to wind erosion and having high wetting properties, which helps reduce the re-spread of dust. It has also been established that the use of biopolymers is a promising direction in combating the formation of coal dust.

Keywords: prevention, coal dust, dust suppressants, environmental safety, workers' health, technology.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Н. БУРДЕНКО» МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА И.П. ПАВЛОВА» МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УПРАВЛЕНИЕ РОСПОТРЕБНАДЗОРА ПО ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ «ЦЕНТР ГИГИЕНЫ И
ЭПИДЕМИОЛОГИИ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ»

Гигиенические, эпидемиологические и экологические аспекты профилактики заболеваемости

**Сборник научных статей
по итогам X Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием, приуроченной к 80–летию Дня Победы
в Великой Отечественной войне**

20 марта 2025 года

Воронеж