

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ

Проведены исследования по оценке эффективности и безопасности биологического препарата АГЭ (агломерирующий гидросорбционный эмульгатор). Показаны преимущества данного препарата по сравнению с другими методами пылеподавления.



О.С. Сачкова



В.В. Самойлов

Ключевые слова: пылеподавление, охрана труда, уголь, угольная пыль, оценка эффективности

По данным Росприроднадзора и Роспотребнадзора 56 миллионов россиян в 143 городах подвергаются воздействию химических веществ в воздушной среде, предельно допустимые концентрации которых, превышают установленные гигиенические нормативы. Росгидромет отмечает, что 86% всех контролируемых городов в 2020 году превысили нормы загрязнения по качеству воздушной среды. В рамках национального проекта «Экология» и федерального проекта «Чистый воздух» поставлены задачи по снижению совокупного объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на 22% к 2024 году.

Транспортировка углей сопровождается загрязнением атмосферного воздуха угольной пылью, которая наносит серьезный ущерб окружающей природной среде, а также представляет значительную опасность

для здоровья работников. В связи с этим снижение пыления углей при их перемещении является в настоящее время актуальной проблемой, особенно учитывая сложную экологическую обстановку в местах погрузки, разгрузки и транспортировки железнодорожным транспортом.

Одним из наиболее перспективных методов борьбы с пылением углей является применение современных технологий биологического пылеподавления.

Пылеподаватель АГЭ может быть применен для предотвращения распространения угольной пыли в процессе транспортировки в полувагонах.

Препарат прошел апробацию на объектах хранения отходов обогащения полезных ископаемых, рудниках, полотнох грузовых и обслуживающих дорог и нашел применение в горной и других видах промышленно-

Сачкова Оксана Сергеевна, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории коммунальной гигиены и эпидемиологии отдела медико-биологических исследований ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены» (ВНИИЖГ Роспотребнадзора), доцент кафедры «Техносферная безопасность» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: исследования полимерсодержащих материалов для железнодорожного транспорта, гигиеническая сертификация подвижного состава железнодорожного транспорта. Автор 184 научных работ, в том числе пяти монографий, четырех учебников и восьми учебных пособий. Имеет пять патентов на изобретения.

Самойлов Вадим Вадимович, аспирант кафедры «Техносферная безопасность» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: охрана труда, специальная оценка по условиям труда, профессиональные заболевания. Автор пяти научных работ.

Елин Альберт Максимович, доктор экономических наук, доцент, учёный секретарь Всероссийского научно-исследовательского института труда Минтруда России. Область научных интересов: безопасность производственных процессов, охрана труда. Автор более 150 научных работ.

сти по всему миру. Важнейшими характеристиками пылеподавителя АГЭ являются его нетоксичность, полная биоразлагаемость, взрыво- и пожаробезопасность.

Целью исследований является санитарно-гигиеническая оценка снижения эмиссии угольной пыли за счет применения пылеподавителя АГЭ в условиях, приближенных к реальным при использовании на объектах железнодорожного транспорта, в том числе — при использовании данного препарата при транспортировке угля в грузовых вагонах открытого типа.

Для обеспечения сохранности грузов используют различные методы. В зависимости от сферы применения их можно разделить на: универсальные с помощью, которых попутно с сокращением потерь решаются другие задачи, связанные с совершенствованием технологии перевозок, и специфические меры более узкого назначения, предназначенные только для обеспечения сохранности перевозимых грузов.

Пылеподаватель АГЭ представляет собой жидкий продукт, который содержит живые непатогенные микроорганизмы, полученные из природных источников. Действие препарата направлено на снижение пылеобразования антропогенного происхождения.

Согласно данным паспорта безопасности в состав препарата входят консорциум непатогенных микроорганизмов, выделенных из объектов окружающей среды (почва и растительные объекты), полимеры, полученные из крахмала с натуральными увлажнителями, глицерин, вода и поверхностно-активные вещества, полученные из деревьев и растений (табл. 1). Препарат биоразлагаем, не оказывает неблагоприятного влияния на окружающую среду, стабилен, взрыво- и пожаробезопасен.

Препарат нетоксичен (предельно-допустимая концентрация глицерина в воздухе рабочей зоны 10 мг/м^3 , 4 класс опасности), может оказывать легкое раздражение слизистых глаз и кожи. Согласно отчету научно-исследовательской работы ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» (ГНЦ ПМБ) консорциум бактерий, входящих в состав препарата, является невирулентным, нетоксичным, нетоксигенным, не способен к диссеминации в крови и внутренних органах.

Согласно отчету ИЦ АО «СЖС Восток Лимитед» разница результатов исследования образцов угля до и после обработки пылеподавателем АГЭ по всем параметрам полного технического анализа, полного петрографического анализа, анализа содержания хлора и мышьяка отсутствует или находится в пределах воспроизводимости методов, что свидетельствует об отсутствии влияния обработки угля препаратом на данные технические характеристики угля.

Метод испытаний пылеподавателя АГЭ предназначен для оценки эффективности снижения пыления при его применении при транспортировке угля на железнодорожном транспорте, приближенных к реальным условиям эксплуатации.

Сущность метода заключается в определении концентраций угольной пыли, создаваемых в замкнутом пространстве под влиянием воздушного потока на открытую поверхность угля, засыпанного в емкость, без и после нанесения пылеподавателя АГЭ. Условия проведения эксперимента моделируют реальные условия процесса транспортировки угля железнодорожным транспортом.

Оценка препарата производилась специалистами кафедры «Техносферная безопасность» ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ) и лаборатории коммунальной гигиены

Таблица 1

Состав пылеподавателя АГЭ

Компоненты состава	Содержание, %
Сырой глицерин	<50
Полимер	<1,2
Вода	<47
Микроорганизмы: • B.subtilis subsp.subtilis; • B.subtilis subsp.inaquosorum; • B.megaterium; • B.licheniformis; • B.amyloliquefaciens.	<1,8

и эпидемиологии отдела медико-биологических исследований ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора в специально оборудованных помещениях в соответствии с «Программой и методикой санитарно-гигиенических испытаний пылеподавителя АГЭ».

Определение эффективности пылеподавления производилось для угля мелкой фракции (до 25 мм). Общая проба угля была трижды перемешана и далее разделена на равные части с помощью ротационного делителя.

Испытания проводились при нормальных климатических условиях:

- температура воздуха 25 ± 10 °С;
- относительная влажность воздуха 45–80 %;
- атмосферное давление 84,0–106,7 кПа (630–800 мм рт. ст.).

Схема испытательной установки представлена на рисунке.

Модель нагруженного полувагона представляет собой металлическую емкость заполненную углем. Размеры емкости, м:

- высота – 0,22;
- длина – 1,30;
- глубина – 0,30.

При проведении испытаний применяли следующие основные средства измерения и испытательное оборудование:

- газоанализатор универсальный ГАНК-4 (диапазон от 0,001 до 1000 мг/м³ и от 0 до 100 % объемных. Погрешность измерения $\pm 20,0$ %);
- пробоотборное устройство ПУ-4Э;
- анемометр (диапазон измерения скорости движения воздуха до 30 м/с);
- вентилятор осевой (средняя скорость потока воздуха в выходном сечении вентилятора до 30 м/с);
- устройство орошения для нанесения действующего раствора под давлением;
- электронные весы Kern 442 (цена деления 0,1 г, диапазон взвешивания 300 г, диапазон тарирования 300 г, воспроизводимость 0,1 г, линейность $\pm 0,2$ г);

- электронные весы АВТ-150-12Ж (диапазон взвешивания 150 кг, линейность $\pm 0,1$ кг).

К средствам измерений, не входящим в состав испытательного оборудования, относятся:

- термогигрометр «ТКА-ПКМ» – для контроля температуры и влажности при проведении экспериментов (диапазон измерения температуры: от (–20) до (+50)°С; погрешность измерения $\pm 0,2$ °С);
- рулетка измерительная Р5 УЗД (диапазон измерений от 0 до 3000 мм, цена деления 1 мм, 3-й класс точности);
- часы по ГОСТ 27752-88.

Вода и исследуемый препарат наносились на сформированную поверхность с помощью специализированного орошающего оборудования. Расход воды и готового препарата составил 1 л/м².

Операции засыпки угля и его обработки производились вне помещения, в котором проводились измерения. После этого модель нагруженного полувагона взвешивали и устанавливали в помещении для проведения испытаний согласно схеме на рисунке, герметизировали помещение. Взвешивание модели нагруженного полувагона проводили до и после каждого цикла испытаний.

Измерения массовых концентраций угольной пыли проводили в четыре этапа: при выключенном вентиляторе (скорость генерируемого воздушного потока 0 м/с – фоновая концентрация пыли, $C_{\text{ф}}$), при включенном вентиляторе – при скорости генерируемого воздушного потока 20 м/с (72 км/ч), 25 (90 км/ч) и 30 м/с (108 км/ч – перспективная скорость).

За результат измерений концентрации угольной пыли (мг/м³) принимают сумму средней концентрации (по каждому химическому веществу) и предела случайной погрешности измерений (ϵ) при уровне доверительной вероятности 0,95.

Расчет осуществляется по формуле:

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i + \epsilon, \quad (1)$$

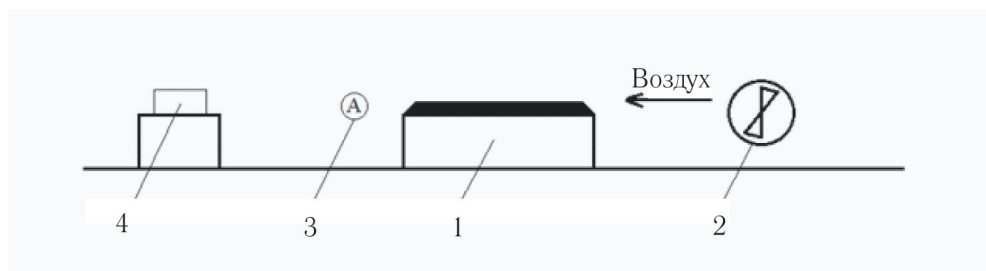


Рисунок. Схема установки для испытания защитного покрытия пылеподавителя АГЭ:
1 – модель нагруженного полувагона в масштабе 1:10; 2 – вентилятор осевой; 3 – анемометр;
4 – средства контроля основных показателей (ГАНК-4 и ПУ-4Э)

где C_i — измеренная концентрация пыли, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Уровень загрязнения воздушной среды угольной пылью рассчитывают по формуле:

$$C_p = C_n - C_{\text{ф}}, \quad (2)$$

где C_p — расчетная концентрация пыли, $\text{мг}/\text{м}^3$;

C_n — концентрация пыли в помещении при включенном вентиляторе, $\text{мг}/\text{м}^3$;

$C_{\text{ф}}$ — фоновая концентрация пыли, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Эффективность пылеподавляющего действия препарата (%) определяется по формуле:

$$E = \left(1 - \frac{C_{p2}}{C_{p1}} \right) 100\%, \quad (3)$$

где C_{p1} — расчетная концентрация пыли до нанесения пылеподавляющего агента, $\text{мг}/\text{м}^3$;

C_{p2} — расчетная концентрация пыли после нанесения пылеподавляющего агента, $\text{мг}/\text{м}^3$.

Интенсивность сдувания ($\text{г}/\text{м}^2$) определяется по разности массы модели нагруженного полувагона до и после воздействия воздушного потока:

$$\Psi = \frac{(M_1 - M_2)}{0,39}, \quad (4)$$

где M_1 — масса модели нагруженного полувагона до воздействия воздушного потока, г ;

M_2 — масса модели нагруженного полувагона после воздействия воздушного потока, г ;

0,39 — площадь поверхности обдува, м^2 .

Основные усредненные результаты опытов даны в табл. 2.

Основные усредненные результаты опытов представлены в табл. 3.

Эффективность пылеподавляющего действия препарата в исследуемых условиях составила 83% и более. Снижение эффективности пылеподавляющего действия препарата на 10 сутки проведения испытаний не отмечено.

Основные усредненные результаты опытов даны в табл. 4.

Интенсивность сдувания угольной пыли растет во времени для поверхностей угля, обработанных водой, и снижается для поверхностей, обработанных исследуемым препаратом. Общая потеря угля за счет применения пылеподавателя АГЭ снизилась в 11,5 раз в сравнении с необработанной поверхностью и в 10,3 раз — в сравнении с поверхностью, обработанной водой.

По результатам испытаний установлено, что пылеподаватель АГЭ предназначен для снижения пыления при транспортировке угля на железнодорожном транспорте и оказывает эффективное снижение загрязнения атмосферного воздуха угольной пылью. Эффективность пылеподавляющего действия препарата в исследуемых условиях составила 83% и более. Снижение эффективности пылеподавляющего действия препарата на 10 сутки проведения испытаний не отмечено. Также при применении препарата отмечено снижение интенсивности сдувания угольной пыли в сравнении с контрольным образцом. 

Литература

1. Атлас по медицинской микробиологии, вирусологии и иммунологии / Под ред. А.А. Воробьева, А.С. Быкова. — М.: Медицинское информационное агентство, 2003. — С. 70.
2. Критерии оценки патогенных свойств штаммов-продуцентов, предлагаемых для использования в промышленности микробиологического синтеза. Методические рекомендации. — М.: РГМУ. — 1992. — 23 с.
3. Краткий определитель бактерий Берги / [Р. Мюррей, С. Коуэн, Дж. Листон и др.]; Под ред. Дж. Хоулта. — М.: Мир. — 1980. — 495 с.
4. Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования / Под ред. М.О. Биргера. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина. — 1982. — 464 с.
5. Борисов, Л.Б. Руководство к лабораторным занятиям по медицинской микробиологии, вирусологии и иммунологии: учебное пособие / Л.Б. Борисов, Б.Н. Козьмин-Соколов, И.Г. Фрейдлин. — М.: Медицина. — 1993. — 240 с.
6. Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.3537-18. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2018. — 16 с.

Таблица 2

Результаты определения массовых концентраций угольной пыли в воздухе

Поверхность угля	Время опыта, ч	Скорость воздуха, м/с	Концентрация пыли в помещении при включенном вентиляторе, мг/м ³	Фоновая концентрация пыли, мг/м ³	Расчетная концентрация пыли, мг/м ³
Открытая	1	20	10,539	0,010	10,529
		25	12,654		12,644
		30	13,597		13,587
	24	20	8,852	0,012	8,84
		25	9,112		9,1
		30	9,847		9,835
	72	20	8,756	0,011	8,745
		25	9,143		9,132
		30	9,254		9,243
	240	20	8,126	0,010	8,116
		25	8,141		8,131
		30	9,190		9,18
Вода	1	20	3,563	0,009	3,554
		25	3,893		3,884
		30	3,957		3,948
	24	20	6,724	0,009	6,715
		25	7,154		7,145
		30	7,238		7,229
	72	20	8,679	0,010	8,669
		25	8,758		8,748
		30	9,101		9,091
	240	20	8,012	0,010	8,002
		25	8,134		8,124
		30	9,101		9,091
Пылеподавитель АГЭ	1	20	1,559	0,011	1,548
		25	2,142		2,131
		30	2,306		2,295
	24	20	1,167	0,011	1,156
		25	1,254		1,243
		30	1,387		1,376
	72	20	1,22	0,012	1,208
		25	1,309		1,297
		30	1,302		1,29
	240	20	1,132	0,009	1,123
		25	1,213		1,204
		30	1,309		1,3

Таблица 3

Эффективность пылеподавляющего действия препарата в исследуемых условиях

Поверхность угля	Время опыта, ч	Скорость воздуха, м/с	Расчетная концентрация пыли до нанесения покрытия, мг/м ³	Расчетная концентрация пыли после нанесения покрытия, мг/м ³	Эффективность пылеподавляющего действия, %
Вода	1	20	10,529	3,554	66,25
		25	12,644	3,884	69,28
		30	13,587	3,948	70,94
	24	20	8,84	6,715	24,04
		25	9,1	7,145	21,48
		30	9,835	7,229	26,50
	72	20	8,745	8,669	0,87
		25	9,132	8,748	4,20
		30	9,243	9,091	1,64
	240	20	8,116	8,002	1,40
		25	8,131	8,124	0,09
		30	9,18	9,091	0,97
Пылеподавитель АГЭ	1	20	10,529	1,548	85,3
		25	12,644	2,131	83,15
		30	13,587	2,295	83,11
	24	20	8,84	1,156	86,92
		25	9,1	1,243	86,34
		30	9,835	1,376	86,01
	72	20	8,745	1,208	86,19
		25	9,132	1,297	85,80
		30	9,243	1,29	86,04
	240	20	8,116	1,123	86,16
		25	8,131	1,204	85,19
		30	9,180	1,3	85,84

Таблица 4

Результаты определения интенсивности сдувания угольной пыли

Поверхность угля	Время опыта, ч	Максимальная скорость воздуха, м/с	Масса угля в засыпке, кг		Интенсивность сдувания, г/м ²	Потери угля от начальной массы	
			До опыта	После опыта		кг	%
Открытая	1	30	22,5	21,45	2692	1,05	4,67
	24	30	21,45	20,73	1846	1,77	7,87
	72	30	20,73	20,11	1590	2,39	10,62
	240	30	20,11	19,67	1128	2,83	14,07
Вода	1	30	23,02	22,61	1051	0,41	1,78
	24	30	22,61	21,89	1846	1,13	4,91
	72	30	21,89	21,02	2231	2	8,69
	240	30	21,02	20,13	2282	2,89	12,55
Пылеподавитель АГЭ	1	30	22,9	22,73	436	0,17	0,74
	24	30	22,73	22,65	205	0,25	1,09
	72	30	22,65	22,63	51	0,27	1,18
	240	30	22,63	22,62	26	0,28	1,22