



На правах рукописи

Кошкарров Василий Евгеньевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЫЛИВАНИЯ
КАРЬЕРНЫХ АВТОДОРОГ И ТЕХНОГЕННЫХ МАССИВОВ
ПРОФИЛАКТИЧЕСКИМИ ЭМУЛЬСИЯМИ ИЗ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЯНЫХ
ОСТАТКОВ**

Специальность 25.00.36 – «Геоэкология»
(в горно-перерабатывающей промышленности)

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2020

Работа выполнена в Федеральном бюджетном государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения»

Научный руководитель - доктор технических наук, с.н.с.
Неволин Дмитрий Германович
зав. кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей» ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения (г. Екатеринбург)

Официальные оппоненты: **Пугин Константин Георгиевич**
доктор технических наук, доцент,
зав. кафедрой строительных технологий ФГБОУ ВО Пермский государственный аграрно-технологический университет имени акад. Д.Н. Прянишникова (г. Пермь);
Дедюхин Александр Юрьевич
кандидат технических наук, доцент,
директор НИИ «ЛАДОР» в составе ООО Испытательный центр «Дорожные технологии» (г. Екатеринбург)

Ведущая организация - ФГБУН Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук

Защита состоится «___» декабря 2020 года в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 004.036.02, созданного на базе ФГБУН Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН), по адресу: 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78а

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Горного института Уральского отделения Российской академии наук и на сайте ПФИЦ УрО РАН:
<http://permisc.ru/ru/main/activity/dissertatsionnye-sovety/d-004-036-02/ob-yavleniya-o-zashchitakh/619-dissertatsiya-koshkarov>

Автореферат разослан «___» _____ 2020 г.

Отзывы, заверенные печатью организации, просим направить в двух экземплярах не позднее, чем за 15 дней до защиты диссертации. В отзыве должны быть указаны фамилия, имя, отчество, должность, организация, почтовый адрес, телефон и электронная почта, лица представившего его, дата составления.
Отзывы необходимо направлять по адресу: 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78 а.
Телефон/факс: +7 (342) 216-75-02. Электронная почта: bba@mi-perm.ru

Ученый секретарь диссертационного совета



Б.А. Бачурин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. При открытой разработке полезных ископаемых одной из задач геоэкологии является защита продуктивной природной среды и всей экосистемы в районе месторождения. Природно-техническая система горного предприятия включает в себя факторы противодействия экологических ограничений и применяемых горных технологий.

Интенсификация добычи и переработки минерального сырья связана со значительным загрязнением окружающей среды. Эксплуатация породных отвалов и карьерных автодорог является одним из производственных процессов технологии открытой разработки. При этом, вынос мелких минеральных частиц с их поверхности приводит к повышению запыленности воздуха и загрязнению прилегающей территории. Затраты, необходимые для компенсации наносимого при этом ущерба, могут быть настолько значительными, что снижают эффективность открытых горных работ.

Рациональным направлением снижения экологической нагрузки горных предприятий может стать использование тяжелых нефтяных остатков при обеспыливании. Безотходная концепция совместного и бесконфликтного развития техно- и биосферы основана на принципах эффективности для народного хозяйства и устранения причин экологической опасности. Профилактическая эмульсия, полученная из тяжелых нефтяных остатков (ТНО), соответствует этим требованиям, и ее применение может стать эффективной технологией обеспыливания.

Степень разработанности темы. По результатам проведенных ранее работ выявлены закономерности интенсификации пылеобразования и предложены различные подходы к снижению пылеобразования различными средствами пылеподавления. Изучены параметры образующегося пылевого шлейфа от движения карьерного автотранспорта и поверхностные свойства горных пород при воздействии на них средств для пылеподавления. Наиболее широкого практического применения нашла технология орошения водой, ПАВ, латексов и дисперсных материалов на основе воды, однако эти материалы отличаются ограниченным сроком эксплуатации в силу своих водорастворимых свойств, требуют применения специализированной техники или дорогостоящих растворителей или добавок, что может быть неприемлемо для экономики и экологии открытых горных работ.

Несмотря на большой объем и достигнутые успехи исследований, проблема обеспыливания карьерных автодорог и техногенных массивов остаётся актуальной.

Цель работы. Оценка эффективности закрепления пылящей поверхности карьерных автодорог и техногенных массивов профилактическими эмульсиями из тяжелых нефтяных остатков для обеспечения экологической безопасности окружающей среды.

Идея работы заключается в том, что закрепление пылящих поверхностей карьерных автодорог и техногенных массивов профилактическими эмульсиями, полученными из ТНО, является эффективным средством повышения эффективности обеспыливания и способствует охране окружающей среды.

Объект исследования – пылящая поверхность карьерных автодорог и техногенных массивов.

Предметом исследования являются профилактическая эмульсия на основе тяжелых нефтяных остатков для технологии обеспыливания карьерных автодорог и техногенных массивов.

Задачи исследований:

1. Произвести анализ технологий и средств обеспыливания карьерных автодорог и техногенных массивов.

2. Обосновать методику оценки закрепления пылящих поверхностей профилактическими связующими и эмульсиями на их основе, дать экологическую оценку применяемой технологии.

3. Произвести научное обоснование органических нефтесвязующих и эмульсионно-минеральных смесей на их основе для закрепления пыли.

4. Разработать технологию приготовления и нанесения профилактических эмульсий для обеспыливания карьерных автодорог и техногенных массивов и произвести экономическую оценку предложенных решений.

Содержание диссертации соответствует областям исследований паспорта научной специальности 25.00.36 – Геоэкология (в горно-перерабатывающей промышленности): п. 3.5. «Теория и методы создания экологически безопасных технологий, машин, оборудования и материалов, подготовки и повышения качества продукции, утилизации и переработки промышленных отходов при разработке природных и техногенных месторождений и обогащении твердых полезных ископаемых».

Методы исследований – экспериментальные работы в лабораторных и полупромышленных условиях; системный анализ научных результатов и опыта приготовления эмульсионных связующих, закрепления пылящих поверхностей; технико-экономические расчеты.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Технология закрепления пылящих поверхностей карьерных автодорог и техногенных массивов профилактическими связующими и эмульсиями на основе тяжелых нефтяных остатков позволяет обеспечить их обеспыливание за счет достаточного смачивания пылеватых частиц, склеивания их между собой и удержания под воздействием атмосферных явлений в течении длительного времени.

2. Определение физико-механических параметров (прочность и водостойкость), оценка экологической безопасности (метод ИК-спектроскопии водных вытяжек) образцов-вырубок пылящей поверхности или лабораторных образцов-брикетов, составленной из материала покрытия и связующего, позволяет обосновать рациональный расход профилактических эмульсий, обеспечить необходимые строительные, эксплуатационные свойства и экологическую безопасность при обеспыливании в конкретных горных условиях.

3. Экспериментально-аналитический метод определения поровой структуры тонкодисперсных пылей модельными соединениями позволяет подобрать рациональную технологию обеспыливания, с учетом группового углеводородного состава ТНО, класса и дисперсности получаемых профилактических эмульсий, и

рассчитать коэффициент адгезии к материалам составляющим пылящую поверхность.

Научная новизна работы:

1. Обоснована методика определения физико-технических свойств поверхности карьерных автодорог и техногенных массивов, обеспыленных профилактической эмульсией, по методике определения прочности и водонасыщения образцов пылей (брикетов).

2. Установлены закономерности изменения физико-технических свойств грунтов, пылящей поверхности карьерных дорог и техногенных массивов на основе разработанных профилактических эмульсий из тяжелых нефтяных остатков нефтеперерабатывающих заводов.

3. Обоснованы пути снижения экологической опасности пылящих поверхностей карьерных автодорог и техногенных массивов профилактическими эмульсиями из тяжелых нефтяных остатков.

Практическое значение работы состоит в разработке технологии и технологических параметров закрепления пылящих поверхностей карьерных автодорог и техногенных массивов профилактическими эмульсиями из тяжелых нефтяных остатков для исключения загрязнения окружающей среды.

Достоверность научных положений, выводов и результатов подтверждается сходимостью расчетных лабораторных показателей с результатами наблюдения на опытных участках в промышленных условиях.

Обобщением теоретические и экспериментальные исследования, выполненные автором в качестве ответственного исполнителя в период 2011–2019 гг. в Уральском государственном университете путей сообщения (2011–2013 гг.); Уфимском нефтяном техническом университете (2013–2016 гг.); Уральском государственном горном университете (2016–2019 гг.).

Личный вклад автора состоит в проведении теоретических исследований, математического моделирования и экспериментальных исследований, разработке методики оценки закрепления пылящих поверхностей профилактическими связующими и эмульсиями на их основе, обработке, обобщении и технико-экономической оценке полученных результатов.

Апробация работы. Результаты исследований по теме диссертации были представлены на международных и региональных научно-практических конференциях и форумах, в том числе: международная конференция «Инновации в дорожном строительстве: эффективность и качество. Уральский Федеральный округ», г. Екатеринбург 2011–2012, 2014–2018 гг.; III специализированная выставка-конференция Экология. Управление отходами. ВЦ КОСК «Россия», г. Екатеринбург, 2012 г.; IV межрегиональной конференции «Актуальные проблемы регионального дорожного строительства» г. Уфа, 2013 г.; 72-я международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования, посвященная 80-летию МГГУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск 2014 г.

Реализация работы. В результате полупромышленного эксперимента по обеспыливанию карьерных подъездных автодорог Волковского рудника ОАО «Святогор» получена справка о внедрении по повышению эффективности обеспыливания.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе в 2 рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Изданы 2 монографии, получен 1 патент.

Структура и объём работы.

Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения, изложенных на 147 страницах машинописного текста, содержит 44 рисунка, 33 таблицы и список использованных источников из 124 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показаны актуальность проблемы, практическая значимость, определены цель работы, задачи и пути их решения.

В первой главе содержится анализ состояния проблемы.

Обеспыливание поверхности карьерных автодорог и техногенных массивов является важным фактором их горнотехнической эксплуатации и охраны окружающей среды при производстве горных работ. Дисперсность витающей пыли чрезвычайно высокая: 90–98 % пылинок имеют размер менее 10 мкм.

При разработке полезных ископаемых в открытых карьерах используют поливочные станции и гудронаторные машины в составе механизированных колонн по устройству и содержанию временных забойных автодорог. На рисунке 1 представлена разработанная классификация методов борьбы с пылью при эксплуатации карьерных дорог.



Рисунок 1– Классификация методов борьбы с пылью при эксплуатации карьерных автодорог и техногенных массивов

Установлено, что использование воды для борьбы с пылеобразованием в полной мере не является эффективным решением, так как не является клеящим компонентом (не подразумевает создание клеевой композиции), зависит от конкретных погодных условий, предусматривает задерживание технологических операций на производстве, в связи с чем, обеспыливающими мероприятиями зачастую пренебрегают.

Во второй главе в лабораторных условиях исследованы физико-технические свойства пыли, изучены химический и гранулометрический состав

материалов – пылей, составляющий пылящие поверхности объектов исследования. Обоснован выбор необходимых компонентов и пылесвязующих параметров в условиях взаимодействия с пылью по методике профессора А. Н. Кондратова.

Форма, поверхность и поровая структура пылей определяются минералогическим составом (таблица 1) и в большей степени зависит от условий добычи, транспортировки и предварительной подготовки материалов к технологической переработке.

Таблица 1 – Минералогический состав исследуемых пылей, %

Пыль	<i>Ni</i>	<i>CO</i>	<i>Fe</i> _{общ.}	<i>SiO</i> ₂	<i>AL</i> ₂ <i>O</i> ₃	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	Прочие
Скрубберная	1,80	0,067	17,31	35,0	6,3	10,5	9,4	19,56
Циклонная	1,97	0,063	17,59	38,0	7,0	5,3	10,0	20,01
Зола-унос	-	1,4	3,84	56,92	31,56	1,4	0,81	4,07

Произведен анализ тяжелых нефтяных остатков с целью выбора и регулирования рациональных типов ТНО, отвечающих нормам экологии человека и окружающей среды. Дана их техническая характеристика. Вязкость, групповой углеводородный состав нефтесвязующих оказывают ключевое влияние на технологию производства работ по обеспыливанию, срок эксплуатации обеспыленных поверхностей и строительные свойства карьерных автодорог и техногенных массивов.

На рисунке 2 представлены результаты оценки динамической вязкости и энергию вязкого течения окисленных вяжущих по их температуре размягчения.

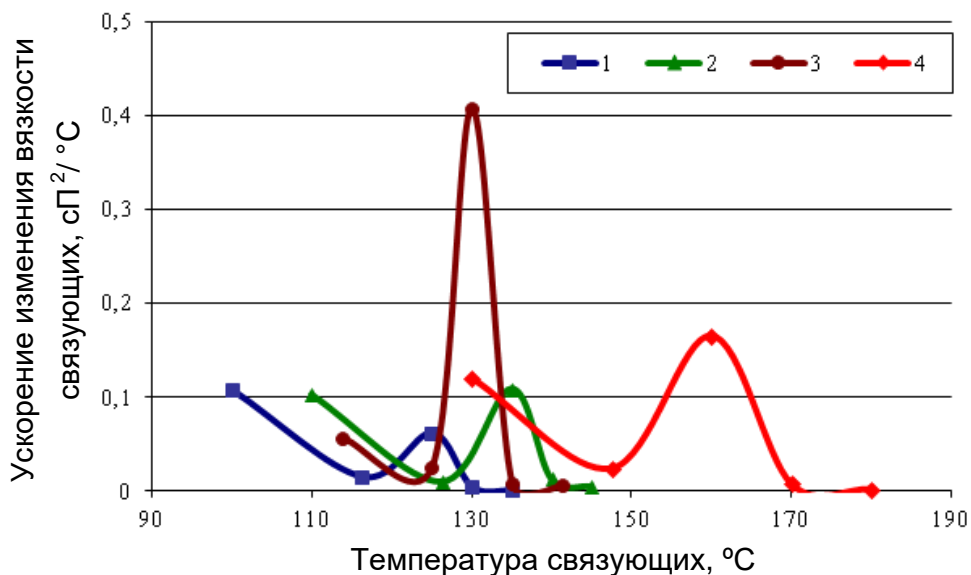


Рисунок 2 – Зависимость второй производной вязкости по температуре (ускорение изменения вязкости) от их температуры:

1 – АПД 38; 2 – АПД 43; 3 – Компаунд; 4 – битум БН 70/30

Экстремумы функции характеризуют переход нефтяных дисперсных систем из вынужденно-пластического состояния в состояние свободной структуры.

Температура текучести окисленного компаунда ниже на 10–20 °C по сравнению с температурой текучести вяжущих, близкими по температуре

размягчения, определенных по методике кольцо и шар (КиШ), что указывает на потенциальное улучшение однородности полученных из них эмульсий.

В результате лабораторных исследований, исследованы тяжелые нефтяные остатки – асфальты пропановой деасфальтизации (АПД), крекинг-остаток (КО), гудрон Зап.-Сиб. смеси, нефтяной битум (БН). Определенные физико-химические характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические свойства исследуемых ТНО

№	Наименование показателей	ГОСТ, ASTM	Гудрон ABT 2	АПД 36/30	КО	БН 70/30
1	T _p , °C, по КиШ	11506-73	38	42	45	70
2	Плотность, кг/м ³	3900-85	1008	1010	1012	1024
3	S общая, %	4294-03	2,74	2,34	1,25	-
4	η 120 °C, мПа·с	2919	358,0	367,5	-	-
5	Парафины, %	17789-72	1,62	0,86	-	-
6	Групповой углеводородный состав, % (масс.)					
	парафино-нафтеновые	ГрозНИИ	11,76	6,94	8,6	12,3
	моноароматические (легкие)	-//-	14,87	15,09	8,7	11,2
	бициклические (средние)	-//-	19,87	23,57	11,6	8,6
	полициклические (тяжелые)	-//-	38,42	34,97	42,3	35,4
	бензольные смолы	-//-	14,85	19,08	1,9	10,3
	спиртобензольные смолы	-//-	-	-	14,0	13,0
	асфальтены	БашНИИ	8,93	5,85	3,9	9,2

Окисленные гудроны, битумы и АПД выбраны в качестве нефтесвязующих для приготовления из них профилактических эмульсий, относятся к 4-му классу опасности согласно ГОСТ 12.1.007 и являются малоопасными веществами по степени воздействия на организм человека.

Лабораторные опыты по получению профилактической эмульсии из ТНО осуществлялось на лабораторном комплексе, представленном на рисунке 3.

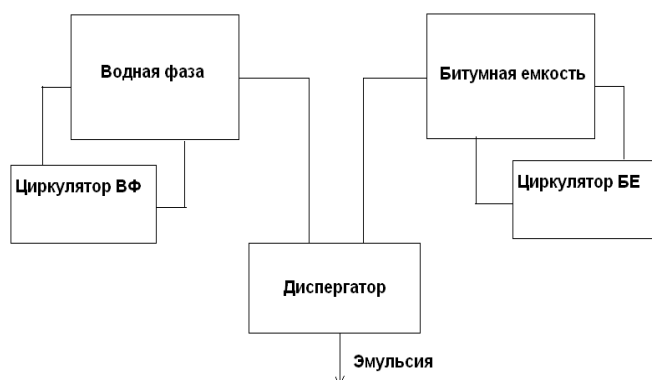


Рисунок 3 – Принципиальная схема и общий вид лабораторного комплекса для получения профилактических эмульсий

Сущность процесса эмульгирования заключается в одновременном разогреве связующего более 120 °C и водного раствора ПАВ до 50 °C, а затем смешение их в диспергаторе в соответствии с принятым соотношением.

На рисунке 4 представлена характеристика полученной профилактической эмульсии. Наиболее часто встречающийся размер частиц

составляет 2 мкм, что в 2–3 раза мельче использующихся в технике битумных эмульсий (ГОСТ 52128-2003) и более удовлетворительно при смачивании и склеивании тонкодисперсных частиц.

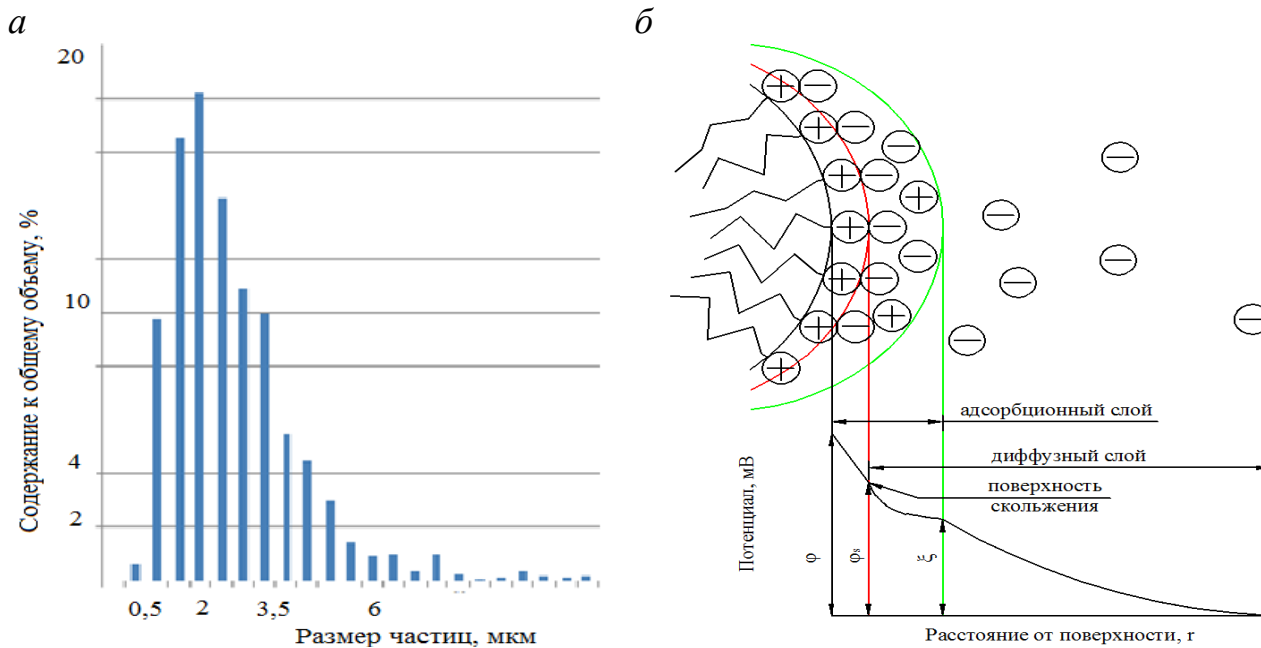


Рисунок 4 – Характеристика частиц дисперсной фазы эмульсии:
 а – распределение частиц дисперсной фазы по объему; б – схема стабилизации частиц дисперсной фазы эмульгаторами и ПАВ:
 φ – общий потенциал системы, φ_s – потенциал упорядоченного слоя,
 ξ – потенциал диффузного слоя (дзета-потенциал)

Разработанная методика определения силы двойного электрического слоя гранул эмульсий по дзета-потенциалу (рисунок 4, б) во внешнем электрическом поле позволяет обеспечить более удовлетворительные технические свойства.

Сущность разработанной методики основана на определении скорости движения заряженных частиц дисперсной фазы относительно дисперсионной среды во внешнем электрическом поле (уравнение Гельмгольца – Смолуховского), из которой определяется дзета-потенциал (В):

$$\xi = \frac{k\eta V}{\varepsilon_0 \varepsilon H}, \quad (1)$$

где, k – коэффициент формы частиц; η – вязкость среды, Н·с/м²; V – скорость движения заряженных частиц, м/с; ε_0 – диэлектрическая проницаемость, Н/В²; ε – относительная диэлектрическая проницаемость; H – напряженность электрического поля, В/м.

Полученные данные по дзета-потенциалу позволяют уточнить содержание ПАВ в составе исследуемых эмульсий в процессе разработки рецептур по отношению к конкретным минеральным материалам горных предприятий. Эмульсии из АПД и КО концентрацией от 51 до 69 % являются устойчивыми и пригодными для обеспыливания при открытых горных работах.

В третьей главе проведены работы по разработке технологии и составов закрепления пылящих поверхностей. Дана оценка экологической безопасности для гидросферы.

С целью изучения физико-механических свойств обработанных пылящих поверхностей и определения эффективного содержания пылесвязующего вещества при обеспыливании выбран критерий предельной прочности при сжатии и водостойкость. Результаты физико-механических исследований эмульсионных пылесвязующих представлены на рисунке 5.

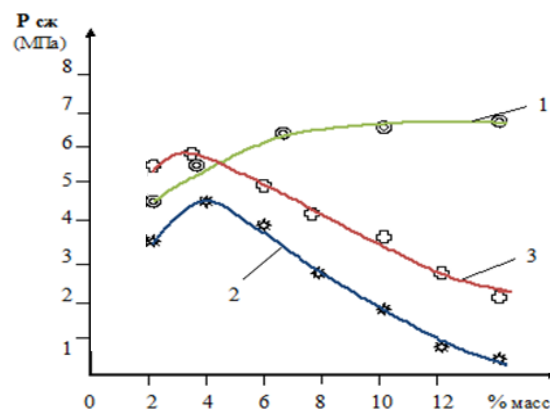


Рисунок 5 – Сравнительное испытание образцов пылей на когезионную прочность с различными пылесвязующими методом брикетирования:

- 1 – кристаллогидратное вяжущее; 2 – лигносульфанат ЛСТ;
3 – профилактическая эмульсия

Установлено, что при испытании на одноосное сжатие, профилактическая эмульсия, с содержанием менее 15 %, обеспечивает достаточную прочность клеевой композиции (когезионную прочность) и водостойкость получаемых образцов.

Использование профилактических эмульсий из тяжелых нефтяных остатков, требует оценки возможных масштабов эмиссии органических поллютантов в окружающую среду. Содержание и состав органических соединений в создаваемых профилактических эмульсиях и их водных вытяжках определялись в лаборатории Горного института УрО РАН в г. Пермь. Результаты исследования водорастворимой органики приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты аналитических исследований водных вытяжек брикетов – пылевой шихты с профилактической эмульсией.

№	№ образца	Масса пробы, г	pH	Минерализация, мг/дм ³	ХБА, мг/дм ³	НП, мг/дм ³
<i>Водные вытяжки, контакт порода – вода 1 сутки</i>						
1	I (монолит № 1)	259,32	6,32	4	0,89	<0,02
2	I' (дробленная проба № 1)	259,32	6,70	28	0,89	<0,02
3	II (монолиты №№ 2, 3)	541,77	6,29	4	0,80	0,02
4	III (монолит № 4)	538,1	6,30	4	0,93	<0,02
<i>Водные вытяжки, контакт порода – вода 7 суток</i>						
5	I' (дробленная проба № 1)	259,32	6,81	25	0,54	<0,02
6	II (монолиты №№ 2, 3)	541,77	6,97	4	0,61	-
7	III (монолит № 4)	538,1	6,95	3	0,61	-

Содержание в приготовленных монолитах водорастворимых солей весьма незначительно – общая минерализация водных вытяжек не превышала 25–28 мг/дм³

Переход органических соединений в водную среду характеризуется низкими значениями: содержание ХБА в водных вытяжках после 1 суток контакта колеблется в пределах 0,80–0,93 мг/дм³, причем эти концентрации не зависят от веса и площади поверхности исследованных проб. Еще более низкое содержание в водных вытяжках отмечается для нефтепродуктов – не превышает 0,02 мг/дм³.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что добавление эмульсий из тяжелых нефтяных остатков приводит к формированию органо-минеральной смеси, обладающей гидрофобными свойствами. Выявлена низкая растворимость углеводородных соединений в воде. Выщелачивание атмосферными осадками поверхностей, приготовленных с использованием эмульсий из тяжелых нефтяных остатков, не оказывает угрозы сверхнормативного органического загрязнения гидросферы.

С целью оценки эффективности технологии обеспыливания от загрязнения атмосферы, в лабораторных условиях были проведены опытные эксперименты по защите сыпучих нерудных и угольных поверхностей методом орошения с целью определения эмиссии пылеватых частиц при обеспыливании.

Сопоставительные испытания сдува угольной пыли, проводились в аэродинамической трубе, показанной на рисунке 6.

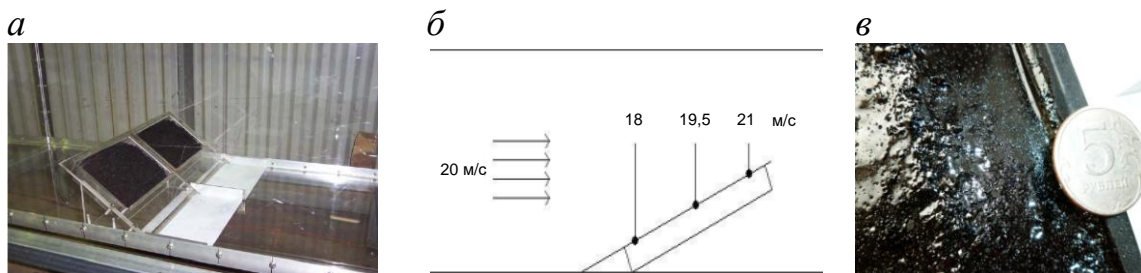


Рисунок 6 – Лабораторный комплекс при проведении испытаний сдува угольной пыли:

а – общий вид комплекса; *б* – схема лабораторного комплекса;
в – образование пылесвязующего ковра после распада эмульсии

Сдув пыли, определяемый в граммах, для необработанного образца составил 115 г за 1 минуту, в случае обработанной поверхности – менее 50 г за 8 часов, при прочих равных условиях исследования (скорость ветра до 20 м/с).

Обеспечение продолжительной стойкости клеевой композиции (пыль-вяжущее) обусловлено адгезионными силами, созданными на поверхности минеральных частиц и в их поровой структуре (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты определения коэффициентов адгезии (K) структурно-групповых составляющих пылесвязующих

Каменные материалы (субстрат)	$K_{\text{ПНУ}}$	$K_{\text{АС}}$	$K_{\text{ПАУ}}$	$K_{\text{А}}$	$K_{\text{М}}$	$K_{\text{СМ}}$
Кварц	1,070	1,786	1,724	2,264	1,427	1,920
Шарташский гранит	1,364	1,961	2,025	2,566	1,580	2,268
Богдановический известняк	1,740	1,992	2,233	2,819	1,930	2,409

Под влиянием атмосферных явлений (атмосферная вода, солнечная радиация) и механического воздействия колёс карьерного автотранспорта клеевая композиция может быть нарушена.

Степень склеивания и удержания частиц пыли профилактической эмульсии исследовалась по методике (профессора А. Н. Кондратова) определения коэффициентов адгезии применительно к различным пылям горных предприятий.

Общую адгезию (коэффициент адгезии $K_{\text{ПС}}$) пылесвязующего к конкретному каменному материалу предложено рассчитывать по формуле аддитивности коэффициентов структурно-групповых составляющих органического связующего:

$$K_{\text{ПС}} = X_{\text{М}} \cdot K_{\text{М}} + X_{\text{СМ}} \cdot K_{\text{СМ}} + X_{\text{А}} \cdot K_{\text{А}}, \quad (2)$$

где $X_{\text{М}}$, $X_{\text{СМ}}$, $X_{\text{А}}$ – содержание структурно-групповых компонентов: масел, смол и асфальтенов, доли ед; $K_{\text{М}}$, $K_{\text{СМ}}$, $K_{\text{А}}$ – коэффициенты адгезии масел, смол и асфальтенов, входящие в состав пылесвязующего.

В результате проводимых расчетов, получены коэффициенты адгезии к материалам различного генезиса, определено, что целесообразным коэффициентом адгезии является диапазон от 1,8 до 2,0.

В четвертой главе представлены технические решения по снижению экологической опасности пылящих карьерных автодорог и отвалов скальных пород, выполняемые в условиях Волковского рудника ОАО «Святогор» в период с 2015 по 2020 гг.

Обеспыливание техногенных массивов

Обеспыливание проводится на двух участках скальных пород отвалов Северо-Западного карьера Волковского рудника ОАО «Святогор»: участок №1 (рабочая площадка), площадью 45 тыс. м², и участок №2 (нерабочая площадка), площадью 43 тыс. м².

Обеспыливание предусматривает распределение эмульсии осуществляется напорными форсунками, установленными на полой раме позади бочки гудронатора. Норма расхода регулируется питателем насоса установки, а также скоростью движения автогудронатора.

Экологическая оценка работ основана на отборе проб грунта определение фактического содержания пыли вблизи отвала скальных пород и непосредственно на участке №2 и на участке №1.

Обеспыливание карьерных автодорог

В 2015 г. выполнен промышленный эксперимент по получению и применению в качестве поверхностной обработки профилактической эмульсии.

В рамках полупромышленного эксперимента было предпринято обеспыливание подъездной и участка карьерной автодороги Волковского рудника.

На рисунке 7 показаны опытные мероприятия по обеспыливанию подъездных и карьерных автодорог Волковского карьера ОАО «Святогор», УГМК Холдинг, август 2015 г.



Рисунок 7 – Нанесение профилактической эмульсии на поверхность грунтовой дороги в ОАО «Святогор» при обеспыливании покрытия (слева), качество обработки с расходом 0,5 и 1 л/м²(справа)

Состав опытной эмульсии представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Состав опытной профилактической эмульсии

Наименование компонента	Содержание, %
Профилактическое связующее ПС-1, ООО «Газпромнефть-СМ», г. Омск	55
Эмульгатор АМДОР-ЭМ, ООО «Уралхимпласт-Амдор», г. Н-Тагил	0,4
Кислота соляная 36%, ГОСТ 3118-67	0,25
Вода	44,35

В таблице 7 представлены сравнительные технико-экономические показатели технологии обеспыливания покрытий автодорог с различными реагентами, используемыми в технике для пылеподавления.

Таблица 7 – Сравнительные технико-экономические показатели технологии обеспыливания покрытий автодорог с различными реагентами

Наименование обеспыливающего состава	Норма расхода, л/м ²	Срок действия, сут	Расход в сутки, л·сут/м ²	Цена, руб./л	Общая стоимость, руб.·сут / м ²
Вода	2,0	0,2	10,0	0,024	0,24
Хлористый кальций	2,1	20	0,105	15	1,58
Сильвинитовая соль	3,3	15	0,22	7,0	1,54
Поваренная соль (30 %)	3,0	15	0,20	8,0	1,60
Лингносульфанат (ЛСТ, 50 %)	1,5	20	0,075	18	1,35
Сульфитный щелок (10 %)	5,0	20	0,25	3,6	0,9
Органические ПАВ	1,0	40	0,025	18,25	0,46
Латекс (водный раствор)	2,0	15	0,14	3,5	0,5
Жидкие битумы	0,9	45	0,02	19	0,38
Профилактическая эмульсия	0,5	30	0,016	14	0,22

Эффективность применения профилактической эмульсии связано с одновременным применением воды и растворенных в ней ПАВ, специально подбирающимися к конкретным горным условиям, и профилактического связующего, обладающего высоким коэффициентом адгезии к горным породам, а также, оно получено из доступного ресурса – тяжелых нефтяных остатков.

Экономический эффект от применения профилактической эмульсии для обеспыливания карьерных автодорог и техногенных массивов определяется по формуле (4):

$$\mathcal{E} = (Z_1 - Z_2) S \cdot C, \quad (3)$$

где \mathcal{E} – экономический эффект, руб.;

Z_1 – затраты на содержание 1 м^2 поверхности по действующей технологии пылеподавления в сутки (водой), руб./сут.;

Z_2 – затраты на содержание 1 м^2 поверхности по технологии обеспыливания профилактической эмульсией в сутки, руб./сут.;

S – площадь участка техногенного массива, нуждающегося в обеспыливания, м^2 ;

C – количество дней в году, когда требуются мероприятия по обеспыливанию, сут.

Потенциальный экономический эффект от применения технологии обеспыливания отвала скальных пород Волковского рудника составил 8,8 млн. руб./год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе теоретических и экспериментальных исследований решена важная научно-техническая задача обеспыливания карьерных автодорог и техногенных массивов профилактическими эмульсиями из тяжелых нефтяных остатков, имеющее существенное значение для технологии открытых горных работ. Основные результаты диссертации состоят в следующем:

1. Выполненный анализ существующих технологий обеспыливания автомобильных дорог и техногенных массивов показал, разработка новых эффективных способов борьбы с пылеобразованием на поверхности карьерных автодорог и техногенных массивов является актуальной задачей.

2. Разработана система мероприятий по защите окружающей среды от пылевой нагрузки при эксплуатации карьерных автодорог и техногенных массивов перед рекультивацией, которая позволит снизить экологическую опасность объектов за счёт обеспыливания их поверхности.

3. Разработана и экспериментально обоснована методика оценки физико-технических свойств клеевой композиции пылящих поверхностей на основе метода брикетирования материалов, составляющих верхний слой пылящей поверхности, с различными пылесвязующими.

4. Обеспыливание пылящих поверхностей профилактическими эмульсиями обеспечивается склеиванием частиц пыли между собой и их надежным удержанием под влиянием автотранспорта и атмосферных явлений в течение продолжительного времени. Обеспыливание позволяет:

– снизить концентрацию пыли в атмосфере при эксплуатации карьерных автодорог и техногенных массивов;

– обеспечить более технологичное и безопасное производство работ по транспортировке сыпучих материалов (дистанция между автосамосвалами, видимость, загрязнение пылью воздушных фильтров и сред агрегатов с использованием смазочных материалов)

5. Разработаны профилактические эмульсии на основе доступных тяжёлых нефтяных остатков НПЗ (асфальт пропановой деасфальтизации) с улучшенными показателями дисперсности (менее 2,5 мкм), однородностью (остаток на сите № 0,014 менее 0,1 мм) и коэффициентом адгезии к рудным и нерудным материалам (от 1,8 до 2,0), что обеспечивает технологичность применения в геотехнологии и продуктивность при обеспыливании микро дисперсных пылей.

6. Установлено, что технология обеспыливания карьерных автодорог и техногенных массивов профилактическими эмульсиями из тяжелых нефтяных остатков НПЗ не оказывает угрозы сверхнормативного органического загрязнения гидросферы, а при скорости воздушного потока над поверхностью до 20 м/с способствует существенному снижению эмиссии пылеватых частиц.

7. Выполнено технико-экономическое обоснование технологии применения профилактической эмульсии при обеспыливании, получен потенциальный экономический эффект для отвала скальных пород Волковского рудника в размере 8,8 млн. руб.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

Статьи, опубликованные в научных журналах, рекомендованных ВАК РФ

1. Кошкарров В.Е., Неволин Д.Г. Оценка прочностных свойств грунтов, укрепленных эмульсионными связующими при обеспыливании карьерных дорог // Известия вузов. Горный журнал. – 2019. – № 1. – С. 33–41.

2. Валиев Н.Г., Семисанов Д.И., Кошкарров В.Е., Ахметов А.Ф. Эмульсионные профилактические средства из тяжелых нефтяных остатков для обеспыливания карьерных дорог и техногенных отвалов // Известия вузов. Горный журнал. – 2015. – № 8. – С. 13–21.

Патенты:

3. Дорожная одежда. Патент РФ на полезную модель № 121515 / Кошкарров В.Е. [и др.] – Приоритет 18.05.2012. – Оpubл. 27.10.12. – Бюл. № 30.

Монографии (научные издания)

4. Неволин Д.Г., Кошкарров Вл.Е., Кошкарров В.Е. Технология обеспыливания карьерных автодорог на основе битумно-полимерных материалов. – Екатеринбург : изд-во УрГУПС, 2015. – 135 с.

5. Кошкарров В.Е. Катионные битумные эмульсии (раздел монографии) // Развитие теории и практики инновационной деятельности на транспорте и в дорожном хозяйстве / Самуйлов В.М. [и др.] – Екатеринбург : изд-во УрГУПС, 2017. – С.111–128.

6. Неволин Д.Г., Кошкарров Вл.Е., Кошкарров В.Е. Исследование и разработка технологии обеспыливания карьерных автодорог и техногенных массивов профилактическими эмульсиями из тяжелых нефтяных остатков. – Екатеринбург : изд-во УрГУПС, 2020. – 186 с.

Рецензируемые журналы, сборники научных трудов, научные конференции

7. Кошкарров В.Е., Неволин Д.Г., Кошкарров В.Е. Организация производственного процесса обеспыливания карьерных автодорог и техногенных

отвалов эмульсионными профилактическими связующими // Транспорт Урала. – 2016. – № 4. – С. 113–117.

8. Кошкарлов В.Е., Неволин Д.Г. [и др.] Организационно-технологические особенности обеспыливания поверхности угля при его перевозках железнодорожным транспортом // Транспорт Урала. – 2016. – № 4. – С. 33–40.

9. Кошкарлов В.Е., Ахметов А.Ф. Исследование электрокинетических свойств эмульсионных связующих // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2014. – №8 – С. 16–20.

10. Кондратов В.К., Кошкарлов В.Е., Ракитин В.А. [и др.] Исследование адгезионных свойств органических вяжущих к твердым материалам методом модельных соединений в системе адгезив – субстрат // Вопросы проектирования и строительства автомобильных дорог : опыт и инновации. Сб. науч. трудов ОАО «ГИПРОДОРНИИ». – Вып.1(60). – 2010. – С.200–209.

11. Кошкарлов В.Е., Петленко С.В., Кошкарлов Вл.Е. Проблема обеспыливания грунтовых автомобильных дорог и оценка применения углеводородных эмульсий при их эксплуатации // Актуальные вопросы проектирования автомобильных дорог: сб. науч. трудов ОАО «ГИПРОДОРНИИ». – Вып. 3 (62). – 2012. – С. 105–113.

12. Кошкарлов Вл.Е., Неволин Д.Г., Кошкарлов В.Е. Разработка технологии обеспыливания карьерных автодорог на основе битумно-полимерных материалов // Инновационный транспорт. – 2015. – № 2. – С.64–71.

13. Кошкарлов Е.В., Дмитриев В.Н., Скрипкин А.Д., Кошкарлов В.Е. Внедрение инновационных технических решений по организации производства полимерно-битумных вяжущих и катионных битумных эмульсий // Инновационный транспорт. – 2012. – № 1(2). – С.16–20.

14. Кошкарлов В.Е., Фризен В.Г., Ракитин В.А. [и др.] Пылеобразование на карьерных дорогах // Материалы Международной научно-технической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья». – Екатеринбург: УГГУ. – 2010. – С.286–290.

15. Морозов Ю.П., Кошкарлов В.Е. [и др.] Пылеобразование и возможность окускования пыли шахтной плавки окисленных никелевых руд // Материалы XVII Международной научно-технической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья». – Екатеринбург : УГГУ, 2012.

16. Кошкарлов В.Е. Исследование электрокинетических свойств эмульсионных вяжущих в дорожном строительстве // Материалы VII Международной конференции «Модернизация дорожного хозяйства. Опыт и перспектива». – Екатеринбург, 2014. – С. 62–63.

17. Кошкарлов В.Е., Ахметов А.Ф. Технология утилизации тяжелых нефтяных остатков при обеспыливании карьерных автодорог и хвостохранилищ // Материалы VII Международной научно-практической конференции молодых ученых «Актуальные проблемы науки и техники – 2014». – Уфа : УГНТУ, 2014.

18. Кошкарлов В.Е., Ахметов А.Ф., Еремин А.Я. Разработка технологии профилактики пылеобразования карьерных автодорог и хвостохранилищ углеводородными эмульсиями // Материалы 72-й Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования». – Магнитогорск : изд-во МГТУ, 2014. – 95 с.