

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика М. Д. Миллионщикова**

На правах рукописи

УДК 622. 502.3: 502.64

Мадаева Марет Зайндиевна

**ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ РУДНИКАМИ
СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

Специальность: 25.00.36 - геоэкология (технические науки)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Воробьев Александр Егорович

Грозный – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| ГЛАВА 1. ОБЗОР НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПЫЛЕНЕЙТРАЛИЗАЦИИ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ | 10 |
| ГЛАВА 2. МЕТОДЫ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ | 17 |
| 2.1 Основные принципы нормирования качества окружающей среды..... | 17 |
| 2.2 Методы оценки уровня воздействия объекта техносферы на окружающую среду..... | 21 |
| 2.3 Исследование состояния пылевого рассеяния в высокогорных условиях | 24 |
| 2.4 Методология исследования распространения загрязнений во времени и в пространстве..... | 28 |
| 2.4.1 Количественные показатели вредного воздействия пылевого загрязнения | 34 |
| 2.4.2 Количественная оценка изменение качества приземной атмосферы при добыче полезных ископаемых..... | 38 |
| 2.5 Методические приемы и исследования геоэкологической нагрузки..... | 43 |
| 2.6 Выводы | 44 |
| ГЛАВА 3. ПРАКТИКА ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ | 46 |
| 3.1 Пылевые выбросы на карьерах и рудниках Северного Кавказа..... | 46 |
| 3.2 Эмиссия загрязняющих веществ в окружающую среду от объектов горной промышленности..... | 52 |
| 3.3 Характеристика пыли выбрасываемой горными предприятиями | 53 |
| 3.4 Исследования поведения пыли в приземной атмосфере | 54 |
| 3.5 Исследование наночастиц горнопромышленной пыли | 62 |
| 3.6 Факторы, определяющие распространение пылевого загрязнения..... | 70 |
| 3.7 Оценка последствий воздействия добычи геоматериалов на геоэкологию прилегающего региона | 72 |

| | |
|--|------------|
| 3.8 Исследование загрязнения почв в районе влияния добычи геоматериалов..... | 76 |
| 3.9 Выводы..... | 86 |
| ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ..... | 88 |
| 4.1 Разработка технологий нейтрализации пылевыведения (лабораторное моделирование) на объектах горной промышленности..... | 88 |
| 4.2 Перспективы пылегазонейтрализации при экскавации горно-рудной массы | 96 |
| 4.3 Условия и возможности пылеподавления при разгрузочных процессах..... | 99 |
| 4.4 Принципиальная технология обеспечения подавления пыли и нейтрализация токсичных газов на карьерных технологических автодорогах | 100 |
| 4.5 Технология пылеподавления при бульдозерных работах..... | 110 |
| 4.6 Технология пылеподавления на промплощадках | 113 |
| 4.7 Технология пылеподавления на бункерном хозяйстве комплекса..... | 116 |
| 4.8 Технология нейтрализации существующих на хвостохранилищах загрязнений | 122 |
| 4.9 Технология пылеподавления пылевых потоков на отвалах и породоскатах..... | 124 |
| 4.10 Выводы..... | 126 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 128 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 129 |

ВВЕДЕНИЕ

На Северном Кавказе достаточно значительное время осуществляется добыча вольфрамо-молибденовых и полиметаллических руд для получения свинца, цинка, серебра, вольфрама, молибдена, золота, меди, кадмия и др., в том числе со 150 - летней историей (например, Садонские полиметаллические рудники). Кроме разнообразных металлических руд здесь также добываются и различные нерудные полезные ископаемые: песчано-валунно-гравийная смесь, строительный и кварцевый песок, вулканический песок (пепел), суглинки, глины, доломит, известняк, мел, мергель, мраморированные породы, мрамор, диорит, гранитные диабазовые породы, барит, серпентинит, травертин, кварцит, туфопесчаники, песчаники, туфоконгломерат, пемзовый конгломерат, кровельные и метаморфический сланец, битуминозные породы, уголь бурый, торф, минеральная краска, лечебные грязи, горный хрусталь, яшма, и др.

В результате все существующие природные экосистемы нагорных территорий Северо-Кавказского региона претерпели значительные изменения, обусловленные в основном вследствие интенсивности разработки рудных месторождений промышленными производствами (рисунок 1) включающими в себя: горные выемки, бункера для руды и породы, подъездные и внутрикарьерные дороги, отвалы пустых и вскрышных пород и забалансовых руд, хвостохранилища, быткомбинаты, жилищно-коммунальный комплекс и др.

При существовавших темпах и объёмах загрязнения компонентов природной среды вполне неизбежна значительная трансформация горных ландшафтов в техногенные, расположенные не только на территориях близких к горным предприятиям, но и на достаточно большом расстоянии от них.

Так, при добыче различных геоматериалов (руд и пород) прямой экскавацией или методом разрушения горного массива взрывом, транспортировке горной массы и её обогащении происходит минерализация (за счет запыления) окружающих горно-добывающие предприятия территорий, что

обуславливает загрязнение почв различными рудными компонентами.

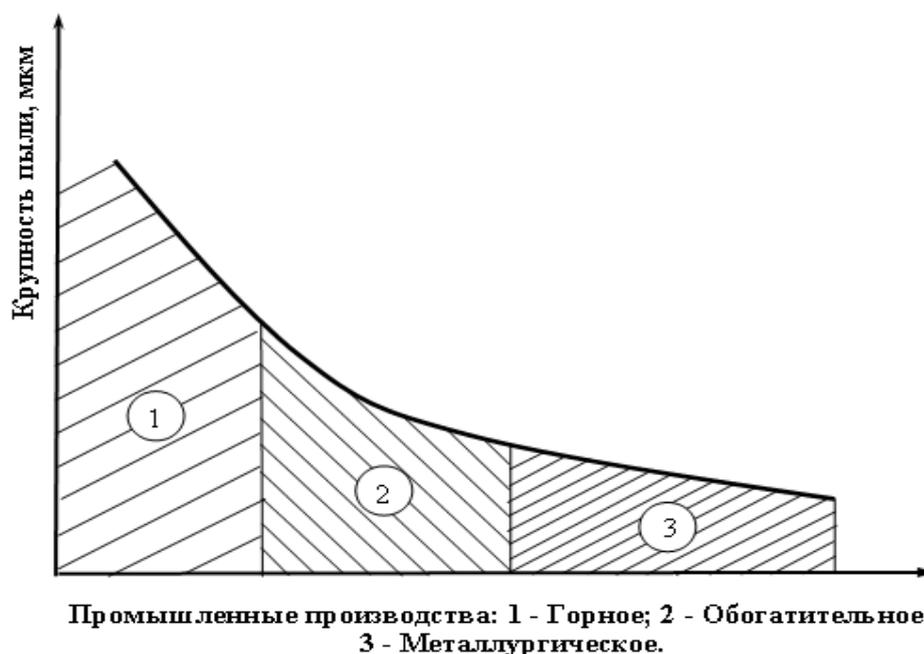


Рисунок 1. - Изменение среды, обусловленное промышленной разработкой рудных месторождений

Расположение горнодобывающих предприятий в условиях пониженного барометрического давления, а также вблизи зон со снежниками и ледниками, значительно снижает эффективность использования традиционных способов и средств пылегазонейтрализации на источниках их образования, поэтому для повышения эффективности применения тех или иных природозащитных технологий необходимы соответствующие корректировки параметров их работы.

Вследствие чего исследования, направленные на изучение природно-техногенной экосистемы «геологическая среда — горное предприятие — геоэкосистема» в условиях Северного Кавказа и разработка адекватных природоохранных технологий, способных предотвратить дальнейшую деградацию существующей природной среды является **актуальной научной задачей**.

Обращает на себя внимание необходимость учета всех производственных факторов, загрязняющих и способствующих загрязнению окружающей природной среды (атмосферного воздуха, водных объектов, почв). Также

необходимо определить, какие из факторов обладают наиболее существенным значением в определении взаимодействия природной среды и техносферы при производстве горно-добычных работ в условиях высокогорья. Это необходимо для усовершенствования способов и средств пылегазонейтрализации, а также для разработки новых ресурсосберегающих и природоохранных технологий в практике функционирования исследуемой геоэкологической системы.

Снижение геоэкологической нагрузки (например, от пыления, при транспортировке, складировании и хранении минеральных отходов) обладает огромным значением в контексте охраны окружающей природной среды. При снижении геоэкологической нагрузки будут достигнуты следующие результаты. Во-первых, удастся уменьшить имеющиеся потери полезных компонентов. Во-вторых, будет обеспечена охрана здоровья населения и природной среды от загрязнения токсикантами. В настоящее время успешное решение вышеуказанных проблем сдерживается отсутствием детальных натурных исследований пыления техногенных минеральных объектов и малой проработанностью физико-химических основ снижения пыления.

Проведенные автором систематические исследования в этом направлении позволили выявить не только зоны аномального техногенного загрязнения, но и новые высокоэффективные композиции, снижающие величину пыления, что и обуславливает актуальность настоящей диссертационной работы.

Связь темы диссертации с научными программами. Диссертационная работа выполнялась в течение 2005-2021 гг. в рамках научно-исследовательских работ Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Грозненского государственного нефтяного технического университета»

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы выступает всестороннее исследование выбросов рудничной пыли рудных месторождений Северного Кавказа в приземную атмосферу, с выявлением областей загрязнений.

Для достижения данной цели выполнялись следующие задачи:

1. Исследовать механизмы выделения и миграции пыли от места разработки

полезного ископаемого, погрузки, транспортировки и до складирования в отвалы хвостохранилищ и хранения в зависимости от её фракционных характеристик.

2. Определить на прилегающих к горно-промышленным предприятиям территориях зоны аномального загрязнения горно-промышленной пылью, с раскрытием её поведения в почвах и распределением металлов, в зависимости от минералогического и химического составов, а также фракционных характеристик выпадаемой пыли.

3. Исследовать высокоэффективные пылеудерживающие композиции, не наносящих ущерб окружающей среде.

4. Совершенствовать технологии, снижающие величину выбросов минеральной пыли от горнопромышленных предприятий.

Научная новизна полученных результатов.

1. Уточнена площадь горно-промышленного геохимического загрязнения минеральной пылью, выбрасываемой карьерами, рудниками и металлургическими заводами цветной металлургии, и её поведение в почвах окружающих ландшафтов.

2. Выявлена и математически описана функциональная зависимость эффективности действия различных противопылевых растворов.

3. Обоснована система подавления минеральной пыли со сроком действия, вполне достаточным для её удержания при выделении карьерами и рудниками.

Практическая значимость полученных результатов. Для практического и научного использования предлагаются технологии эффективного пылеподавления на объектах горно-перерабатывающих комплексов Северного Кавказа, обеспечивающие достижение существующих санитарно-нормативных параметров окружающей природной среды. Кроме того, отдельные разработки, приведенные в диссертации автора, могут успешно использоваться при составлении санитарно-нормативных документов, прогнозных карт в геоэкологической среде аналогичных горно-промышленных комплексах СНГ (Кыргызстана, Казахстана и Узбекистана) для оконтуривания аналогичных техногенных аномалий.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Установленные объемы выбросов минеральной пыли, гранулометрического состава и физико-химических характеристик выбрасываемой в приземную атмосферу минеральной пыли, определяемых технологическими процессами горных производств, при значениях дальности переноса и влияния на почвы обусловленных количеством образующихся наночастиц.

2. Выявленные морфологии, структуры и площади техногенного, многокомпонентного загрязнения почв карьерами и рудниками цветной металлургии, определяемое аэральным разносом образуемой минеральной пыли, происходящим в соответствии с нагорным рельефом местности, её метеорологическими особенностями и физико-механическими характеристиками пыли.

3. Определенная эффективность обработки горнотехнологических автодорог полиакрилбензольной смолой, с расходом 1.0 – 1.2 л на 1 м², удерживающей возможное пыление в течение 20 дней, покрытие пляжной зоны хвостохранилищ 0.2 – 0.4 % раствором полиакриламида позволяющее в течение 15-18 дней удерживать пыль в связанном состоянии.

Личный вклад соискателя. Диссертантом были лично выполнены все необходимые работы по проведению диссертационных исследований: 1) сбор, систематизация, статистическая обработка исходной информации; 2) планирование и осуществление лабораторных и натурных (полевых) экспериментов; 3) разработка необходимых методик и научно-технический анализ получаемых данных, 4) их научная интерпретация, 5) формулировка полученных результатов и выводов.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертационной работы доложены на V и VI международных конференциях «Устойчивое развитие горных территорий» (г. Владикавказ, 2004 г. и 2007 г.), НТК Грозненского государственного нефтяного университета (2004-2007 гг.), Международных научных чтениях «Белые ночи» (г. Самара, 2006 г.,

Новочеркасск, 2007 г., Владикавказ, 2009 г.), III международной конференции «Горное нефтяное, геологическое и геоэкологическое образование в XXI веке» (г. Горно-Алтайск, 2008 г.), VII, VIII, IX и XI Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» (г. Ереван, Армения, 2008 г.; г. Москва, Россия, 2009 г.; г. Котону, Африка, 2010 г. ; Усть-Каменогорск, Казахстан, 2012 г.), Международной научной конференции Казахстан-2030 (г. Караганда, 2010 г.), Международной конференции «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» (г. Тула, 2010 г.), Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 150-летию со дня рождения В.И. Вернадского. (г. Махачкала, 2013 г), XXII международной конференции «Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и транспорте – 2014» (г. Новороссийск, 2014 г.), Всероссийском съезде экологов (г. Грозный, 2017 г.), VIII Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» (г. Ессентуки, 2019 г.).

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. Всего по теме диссертации опубликовано 17 работ, в том числе за рубежом (за пределами КР) опубликовано 13 работ. Из них 9 статей, 2 монографии и 2 патента. Из 9 работ опубликованы в журналах, входящих в список ВАК РФ: одна работа - в журнале «Устойчивое развитие горных территорий», входящим в список Scopus.

Структура и объем работы. Диссертация включает в себя введение, три главы с выводами, заключение, список использованной литературы из 149 наименований. Работа изложена на 145 страницах и содержит 31 таблицу и 33 рисунка.

Автор выражает глубокую признательность своему руководителю д.т.н., академику АГН и МАНЭБ, заслуженному деятелю науки республики Северная Осетия, профессору А.Е. Воробьеву и д.г.-м.н., профессору О.Ш. Шамшиеву за неоценимую научно-методическую и практическую помощь при выполнении исследования.

ГЛАВА 1. ОБЗОР НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПЫЛЕНЕЙТРАЛИЗАЦИИ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Полезные ископаемые были и будут главной частью природного национального богатства стран СНГ (России, Кыргызстана, Казахстана и Узбекистана), однако их добыча по настоящее время все еще остается одним из геоэкологических факторов, оказывающих неблагоприятное воздействие на природную среду. Проанализировав геоэкологическую ситуацию в районах добычи твердых полезных ископаемых, видим, что, несмотря на незначительное улучшение геоэкологических показателей в абсолютном выражении, в удельном отношении эти показатели ухудшаются [72].

В настоящее время ведущими центрами по проблематике борьбы с пылью выступают: МГГУ (Москва); ЗабНИИ (Чита); ВНИИОСуголь (Пермь); НИИОГР (Челябинск); ИГД имени А.А. Скочинского и др.

Решением актуальных проблемных вопросов в сфере природопользования и обеспечения геоэкологической безопасности, в т. ч. в области горного производства, занимались многие отечественные исследователи. Большой вклад в разработку исследуемой проблематики внесли такие ученые: Блацкий О.Ф., Воробьев А.Е., Гофман К.Г., Гаспарьян Н.А., Галченко Ю.П., Ерзин А.Х., Иванов Б.А., Колосов А.В., Коваль Е.Т., Лемешев М.Я., Реймерс Н.Ф., Трофимов В.Т., Федоренко Н.П. Также стоит выделить труды М.В. Корневой, А.П. Красавина, И.И. Медведева, Г.Г. Мирзаева, В.В. Новикова, М.Е. Певзнера, А.В. Потапова, В.В. Семенова, Хохрякова, Ю.В. Шувалова, по Северо-Кавказскому региону И.Д. Алборова, А.Е. Воробьева, в Кыргызстане – Абдувалиева А.М. и др.

Серьезные научно-практические результаты были достигнуты в решении проблемных аспектов, касающихся обеспечения геоэкологической безопасности по отдельным направлениям воздействия горных предприятий на окружающую природную среду: породный массив (Гальперин А.М., Стрельцов В.И., Кузнецов С.В., Иофис М.А., Фисенко Г.Л. и др.); подземные и поверхностные воды

(Харионовский А.А., Румынин В.Е., Мироненко В.А.); атмосферу (Филатов С.С., Пененко В.В., Михайлов В.А., Кудряшов В.В., Битколов Н.З., Бересеневич П.В., Адушкин В.В.); земельные ресурсы (Томаков П.И., Овчинников В.А., Коваленко В.С., Дриженко Ю.Н., Горлов В.Д.).

Методы борьбы с пылью на горных предприятиях, используемые в современной практике, охватывают комплекс мер по предупреждению пылеобразования, пылеподавления и пылеулавливания.

Предупреждение пылеобразования представляет собой кардинальный переход на принципиально новую технологическую разработку месторождений полезных ископаемых. Пылеподавление охватывает комплекс методов по предупреждению загрязнения воздуха пылью, выделяемой в процессе горнодобывающих работ [109]. Другими словами, пылеподавление – это меры по снижению выделения пыли, уменьшению ее концентрации в воздухе и осаждению. В подземных горных выработках пылеподавление осуществляется подачей водного раствора ПАВ или воды в зону, где проводятся работы по разрушению рудно-породного или угольного массива.

Все осуществленные в этой области исследования можно подразделить в соответствии с видом добываемого полезного ископаемого (металлические руды, уголь, стройматериалы и т.д.), а также с имеющимися системами горного производства (подземные и открытые горные работы), технологическими процессами добычи полезного ископаемого и особенностями технических устройств и технологий пылеподавления или используемым для этого химическим соединением.

Ниже в табл. 1.1. показаны результаты шахтных исследований динамики запыленности. Анализ табличных данных показывает, что для обеспечения максимально возможной эффективности пылеподавления на четырех шахтах акционерного общества «СУЭККузбасс» должны использоваться разные методы [80].

Таблица 1.1. - Результаты шахтных исследований динамики запыленности

| Место замера | Шахта | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| | Талдинская Западная-2 | | Имени В.Д. Ялевского | | Имени С.М. Кирова | | Имени А.Д. Рубана | |
| | С, мг/м ³ (ПКА) | С, мг/м ³ (АЭРА) |
| На месте машиниста комбайна | 200.57 | 184.38 | 238.8 | 221.57 | 42.5 | 47.67 | 178.29 | 194.44 |
| На месте машиниста крепи | 85.48 | 100.00 | 198.17 | 198.67 | 26.61 | 27.86 | 155.01 | 138.89 |
| Около 10-15 м от комбайна | 39.23 | 25 | 184.8 | 172.2 | 40.73 | 40.61 | 81.16 | 83.33 |

Ранее осуществленные исследования показали, что реальное значение сосредоточения пыли на рабочем месте машиниста комбайна в подготовительных и очистных забоях в среднем в смену варьируется в диапазоне от 30-40 до 150-240 мг/м³ [80].

В угольной отрасли РФ пылеподавление на горных предприятиях зачастую нормируется специальными приказами [108], утвержденными Федеральными нормами и правилами в области обеспечения промышленной безопасности, в соответствии с "Инструкцией по борьбе с пылью в угольных шахтах" и специально регламентирован порядок измерения содержания пыли в шахтной атмосфере и определения содержания в ней свободного диоксида кремния.

На большинстве добывающих предприятий РФ процессы обеспыливания для подземных разработок были автоматизированы. Например, создана система АСП [2], которая в автоматическом режиме по управляющему сигналу, осуществляет орошение следующих мест пылевыделения шахт и рудников:

- пересыпы конвейерных лент;
- охлаждение угля и ленты на длинных транспортных цепочках (орошение через определенное расстояние);

- пересыпы скребковых конвейеров;
- приемные бункеры, зоны опрокидывания, зоны загрузки и разгрузки скипов;
- другие места пылеобразования шахт и рудников.

Эта автоматизированная система обладает оросительным узлом, который представляет собой сборный узел из 3-х форсунок орошения [2]. Конструкция такого узла обеспечивает эффективное улавливание взвешенной в воздухе пыли за счет формирования мелкодисперсионного тумана большого радиуса воздействия, с оптимальным углом распыления влаги.

Кроме угольной промышленности были осуществлены исследования по обеспылеванию на калийных рудниках, где нарезные и подготовительные работы также сопровождаются выделением большого количества пыли [107]. Например, на руднике №4 при работе комбайна «Урал-20КСА» запыленность атмосферы составляла около 210 мг/м^3 (с учетом того, что здесь работал специальный вентилятор проветривания воздуха на нагнетание). В практически аналогичных условиях проветривания воздуха при работе комбайна «4ПП – 2М» запыленность атмосферы в среднем составляет около 1400 мг/м^3 при предельном значении – $20 - 6026 \text{ мг/м}^3$ исходя из высоты, на которой расположен исполнительный орган комбайна). Средняя запыленность воздуха на рабочем месте машиниста вагона при погрузке соли в самоходный вагон за комбайном «Урал – 10КСА» на данном руднике составляет 530 мг/м^3 .

В общем случае на подземных рудниках для пылеподавления используются такие методы:

- гидрозабойка шпуров;
- водяные завесы (создаются путем взрывания зарядов ВВ в полиэтиленовых мешках с форсунками или водой);
- связывание отложившейся пыли (орошение) поверхности подземных выработок перед взрыванием в шпурах зарядов ВВ;
- обеспыливающее проветривание горных выработок.

Значительные объемы пылегазовых выбросов существуют на карьерах, что обусловлено проведением массовых взрывов скальных массивов. При этом по вертикали высота подъема пылегазового облака составляет 1,6 км, при дальности распространения до 15 километров.

Интенсивность газо- и пылеобразования при производстве буровзрывных работ на карьерах находится в зависимости от ряда причин. В частности, большую роль играет тип используемого ВВ, условия взрывания, обводненность горных пород и их крепость, метод взрывания, тип забойки взрывных скважин и др. [95].

В ходе осуществляемых исследований было выявлено, что содержание в витающей пыли свободного диоксида кремния на разных карьерах варьируется в достаточно широком диапазоне – от 1 – 10 % на карьерах Курской магнитной аномалии до 20 – 50 % на карьерах Кривбасса [121]. При этом концентрация выбрасываемой пыли достигает порядка 2000 мг/м³.

Было установлено, что на карьерах КМА дисперсный состав пыли, по мере удаления от карьера уменьшается. Магнетит (самые тяжелые и крупные частицы пыли) выпадает на расстоянии до 250 метров от края карьера [121].

Одновременно были получены закономерности изменения минерального состава выпадаемой пыли, в зависимости от её размера. Самые маленькие частицы (30 мкм) – кварц; частицы среднего размера (около 70 мкм) – гематит; крупные частицы (до 260 мкм) – магнетит.

Исследователь И.И. Медведев существующие способы обеспыливания классифицирует на 2 вида – пассивные и активные [88]. В свою очередь, активные способы делятся на 2 вида:

- отсос (с последующим улавливанием);
- мокрое пылеподавление.

Существует три вида мокрых способов борьбы с пылью [1]:

1. Подавление взвешенной пыли распыленной водой или обеспыливание воздуха (водяные завесы, орошение и др.).

2. Предупреждение подъема в воздух пыли, образующейся в результате разрушения, погрузки и перевозки горных пород (предварительное увлажнение массива и раздробленной горной породы, смачивание и орошение горной породы непосредственно в момент разрушения).

3. Недопущение повторного поступления осевших частиц пыли в воздух (орошение, связывание осевшей пыли).

Способы мокрого пылеподавления включают в себя:

- нагнетание в горный массив воды;
- применение пара низких температур;
- водо-воздушное душирование;
- гашение пыли воздушной механической пеной;
- орошение водой [107].

В качестве реагента пылеподавления на горных предприятиях обычно применяется вода, насыщенная добавляемыми поверхностно – активными веществами.

Проведенный опыт применения существующих средств пылеподавления на горнодобывающих предприятиях свидетельствует о необходимости использования сравнительно больших объемов воды [73], что значительно ухудшает экономические показатели их работы.

В последнее время в качестве реагентов пылеподавления на горных предприятиях применяют перечень различных химических соединений. Одним из таких соединений является полимерно-восковая эмульсия «Эквипол».

В современной практике широко используются технические средства пылеподавления. Наиболее распространенные: устройства для орошения; оборудование для отсоса пыли; эжекторы водовоздушного типа. Принцип действия подобного оборудования заключается в подаче воды в зону, где необходимо погашать пыль. Вода подается под давлением 1.5 – 2 МПа [109]. Также предпринимаются меры по снижению интенсивности выделения пыли (например, предварительное увлажнение массива). В рассматриваемых целях

достаточно широко используется пена высокой и средней кратности. Для пенообразования применяют пеногенераторы УПН-2, ВП, ПГВ-В, ПГ и другие.

Кроме этого, для обеспечения обеспыливания рассматривались различные физико-химические и электрические эффекты и явления. Так, при разработке месторождений полезных ископаемых было предложено использовать эффект фазового взаимного перехода влаги (пар – жидкость – лед) [63]. При таком подходе борьба с пылью на рабочих местах осуществляется с минимальными затратами и в широком диапазоне условий (в т. ч. при отрицательной температуре воздуха и пород).

Однако, в большинстве известных технологий пылеподавления на горных предприятиях наблюдается снижение эффективности в зимних условиях (см. рисунок 1.1.)

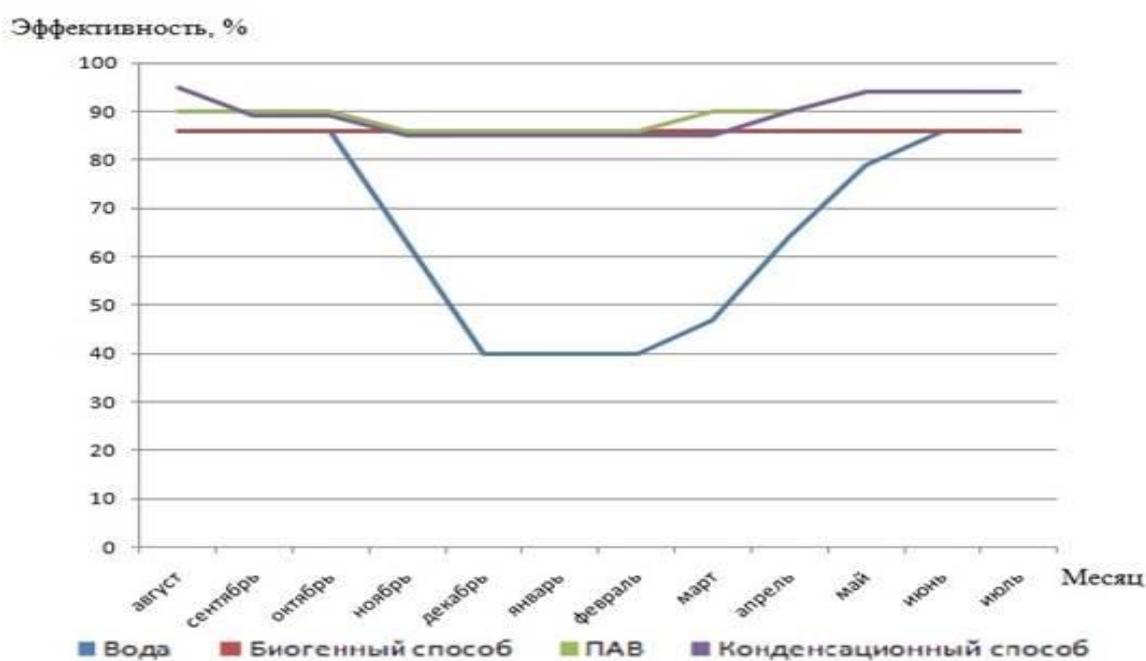


Рисунок 1.1. - Зависимость эффективности различных способов пылеподавления от времени года [89]

Таким образом, проблема пылеобразования и загрязнения приземной атмосферы окончательно не решена, что обуславливает целесообразность осуществляемой деятельности в данном направлении.

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Основные принципы нормирования качества окружающей среды

Общая концепция геоэкологического нормирования предполагает решение следующего комплекса задач [99]:

- определение критериев допустимой нагрузки на геоэкосистемы;
- определение параметров различных составляющих геоэкосистемы, которые необходимо измерять для получения геоэкологических нормативов;
- разработка методики измерения интегральной токсической нагрузки.

Основными задачами развития системы нормирования, определяющими принципы нормирования загрязняющих веществ в приземной атмосфере, являются [92]:

- использование малоотходных технологий;
- техническое нормирование, основанное на удельных технологических нормативах (стимулирует замену технологий, при использовании которых предполагаются большие выбросы);
- оптимизация расчетов уровня загрязнения приземной атмосферы по региону в целом как инструмента геоэкологической экспертизы, позволяющего провести оценку и определить вклады отдельных источников, объектов в общее загрязнение;
- использование расчетов рассеивания оптимизационных задач регулирования поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух от отдельных источников и их совокупности с учетом, как геоэкологических, так и эколого-технологических интересов территории и промышленных центров;
- учет критической нагрузки на природную среду;
- использование ПДК содержания ЗВ в атмосферном воздухе с учетом воздействия данного вещества на материальные ценности и объекты живой

природы;

– межрегиональный и трансграничный перенос при установлении нормативов выбросов.

При проведении работ по нормированию выбросов для каждого источника устанавливается нормативы ПДВ, при соблюдении которых с учетом фоновой загрязненности приземной атмосферы C_{ϕ} выбросы данного источника не создадут приземной концентрации $C_{пр}$, превышающей значения C_{max} для населения, животных и растительного мира [90]:

$$C_{max} \leq C_{пр} + C_{\phi} \quad (2.1)$$

При рассмотрении технологий и выборе оптимальной (как с геоэкологической, так и экономической точки зрения) следует учитывать удельные технологические нормативы (УТН) выбросов.

Внедрение технологических нормативов выбросов (ТНВ) загрязняющих веществ в приземную атмосферу позволяет более обоснованно определять степень негативного воздействия опасного горного объекта (источника) на атмосферный воздух.

Установление специальных технических нормативов выбросов происходит применительно к передвижным и стационарным источникам выбросов. Также нормативы устанавливаются в отношении используемого оборудования и технологических процессов согласно современным техническим достижениям. Нормативы устанавливаются в расчете на единицу материальных показателей (m^3, t), характеризующих такие объекты [120].

Основой для этого показателя служат величина выброса загрязняющего вещества, либо на единицу выпускаемой продукции, либо на единицу используемого сырья, топлива, энергии. В зарубежной литературе он называется «коэффициентом выброса» («emission factor»).

Для функционирования горно-добывающих предприятий непременным условием является разработка раздела оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), разрабатываемого согласно установленным государственным

стандартам, строительным правилам и нормам, утвержденным Министерством России, а также в соответствии с имеющимися нормативными документами Минприроды России и иными нормативными актами, регламентирующими деятельность в природоохранной сфере.

Данный раздел должен содержать следующие элементы:

- оценку эффективности планируемых мероприятий, проектируемых устройств и сооружений;
- сравнение решений, принимаемых в проекте, с существующим передовым опытом (в т. ч. мировым) в части очистки вредных выбросов;
- обоснование решений по уменьшению и предотвращению образования веществ, загрязняющих окружающую среду, а также снижению интенсивности их выделения;
- обоснование решений по выбору аппаратуры и оборудования по очистке существующих выбросов;
- описание источников выбросов;
- наименование выбрасываемых веществ, загрязняющих окружающую среду (в т. ч. с суммирующимся вредным воздействием);
- количественные параметры выбросов загрязняющих веществ, в т. ч. возможных залповых или аварийных выбросов, результаты расчетов их концентраций, анализ и рекомендации по временно согласованным (ВСВ) и предельно допустимым (ПДВ) выбросам.

Данный подраздел предполагает наличие приложений – чертежей, сводных таблиц и специальных карт-схем, содержащих ранее полученные результаты теоретических расчетов осуществленного загрязнения приземной атмосферы.

Ключевыми целями осуществления оценки возможного воздействия на окружающую среду выступают:

1. Сохранение природных ресурсов для дальнейшего социально-экономического развития территории государства.
2. Предупреждение возможного вредного влияния загрязнений окружающей среды на здоровье людей.

3. Обеспечение благоприятных санитарных условий жизни населения.

Для улучшения использования природных ресурсов и обеспечения надлежащего контроля соблюдения природоохранных норм с 01.07.1990 года в действие введен ГОСТ 17.0.0.04-90.

Основные критерии допустимости воздействия, используемые при оценке опасности загрязняющих веществ, воздействующих на окружающую природную среду:

ОБУВ – ориентировочно безопасный уровень воздействия (изученных веществ).

ПДД – предельно-допустимая доза.

ПДВ – предельно-допустимые выбросы.

ПДК – предельно-допустимая концентрация.

Предельно-допустимые выбросы – важнейший элемент регулирования качества приземной атмосферы, поскольку нормы, которые ограничивают выбросы вредных веществ в приземную атмосферу, разрабатываются обязательно с учетом уже достигнутого существующего или возможно наилучшего технического уровня их применения. Этим самым обеспечивается должное снижение уровня загрязнения приземной атмосферы.

Практика деятельности в природоохранной сфере, сложившаяся в РФ, базируется на условиях обеспечения качественного и количественного нормирования вредного воздействия на окружающую среду. Этим самым предполагается, что сумма расчетной (C_p) и фоновой (C_ϕ) концентраций загрязнений в приземной атмосфере для каждого вредного вещества должна быть не более установленной ПДК [7]:

$$C_p + C_\phi \leq ПДК, \quad (2.2)$$

Если воздух загрязнен одновременно несколькими веществами, характеризуемыми суммирующим воздействием, то сумма отношений фактических концентраций в приземном воздухе каждого вредного вещества к их предельно-допустимой концентрации, как правило, не должна превышать - 1

[96]:

$$C_1 / ПДК_1 + C_2 / ПДК_2 + \dots + C_n / ПДК_n \leq 1, \quad (2.3)$$

При проведении подсчета был использован официально утвержденный нормативный документ по возможному расчёту рассеивания веществ, загрязняющих атмосферу - «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий «ОНД-86» [102]. В этой методике содержатся все формулы, необходимые для проведения расчета концентраций примесей в приземной атмосфере от площадных, линейных и точечных источников нагретых или холодных выбросов различных вредных веществ.

2.2. Методы оценки уровня воздействия объекта техносферы на окружающую среду

Методы для определения состава и объема загрязняющих веществ, выделяемых различными источниками:

1. Отчетно-статистический метод. Его особенность в том, что им охватывается комплекс методов, методик и приемов статистики, с помощью чего раскрывается закономерность определения состава и объема загрязняющих веществ, образуемых при производстве продукции.

2. Экспериментальный или расчетно-аналитический метод. Этим методом предполагается комплексное определение объемного выхода загрязненного газа; анализ концентрации и состава загрязняющих веществ. Анализ основывается на данных реальных замеров в условиях, максимально приближенных к реальным. Экспериментальный метод применяется и при отсутствии возможности использования теоретической методики расчета. При добыче геоматериала (открытым, подземным, смешанным способами) данный метод наиболее приемлем, поэтому в дальнейшей части исследования мы будем использовать именно его.

3. Теоретический метод. С помощью данного метода, являющегося наиболее прогрессивным, обеспечивается установление состава и минимального объема загрязняющих веществ. Объясняется это на основе составления материальных балансов технологического процесса, с учетом свойств и химического состава исходного сырья, геометрических и конструктивных параметров используемого оборудования, оптимальных режимов ведения процессов, обеспечивающих максимально возможную производительность. Теоретический метод получил широкое применение в проектировании новых производств и при проведении анализа существующих технологических процессов.

Количество и состав загрязняющих веществ, образующихся при производстве продукции и выбрасываемых в приземную атмосферу, в основном зависит от следующих факторов:

- вида технологического процесса (механический, физический, химический или биологический);
- удельного веса удаляемых пылегазовоздушных потоков и степени их очистки;
- физико-химического и фракционного состава, а также содержания примесей в исходном сырье.

Удельный выброс загрязняющих веществ на единицу основной продукции необходимо определять по основному, вспомогательному и подсобному производствам, участвующим в изготовлении (получении) продукции, путем суммирования удельных значений выбросов по каждому из этих производств [5]:

$$Y = \sum_{i=-1}^{i=n} Y_i, \quad (2.4)$$

где: Y_i – количество и вид загрязняющих веществ, выделяемых от различных отделов источника, участвующих в выпуске готовой продукции.

Так, при открытой добыче полезного ископаемого (материалов промстройиндустрии) удельный выброс составит [15]:

$$Y = Y_{\sigma} + Y_{\text{з}} + Y_{\text{в}} + Y_{\text{н}} + Y_{\text{м}} + Y_{\text{о}} + Y_{\text{а}} + Y_{\text{с}}, \quad (2.5)$$

где: Y_{σ} - удельный выброс загрязняющих веществ на 1 м³ добычи от буровых работ (экскавации);

$Y_{\text{з}}$ - удельный выброс загрязняющих веществ на 1 м³ добычи от проходки скважин или шпуров;

$Y_{\text{в}}$ - удельный выброс загрязняющих веществ на 1 м³ добычи от взрывных работ;

$Y_{\text{н}}$ - удельный выброс загрязняющих веществ на 1 м³ добычи от погрузочных работ;

$Y_{\text{м}}$ - удельный выброс загрязняющих веществ на 1 м³ добычи от транспортировки горной массы;

$Y_{\text{о}}$ - удельный выброс загрязняющих веществ на 1 м³ добычи от обнаженных техногенных поверхностей (хвостохранилищ, отвалов пустых пород или других минеральных отходов);

$Y_{\text{а}}$ - удельный выброс загрязняющих веществ на 1 м³ добычи от действующих двигателей, работающих на карьере;

$Y_{\text{с}}$ - удельный выброс загрязняющих веществ на 1 м³ добычи от функционирования социальной сферы.

Для любого вида процесса производства (включая добычу горной массы) удельные выбросы загрязняющих веществ структурно могут быть представлены в виде следующей схемы (см. рисунок 2.1).

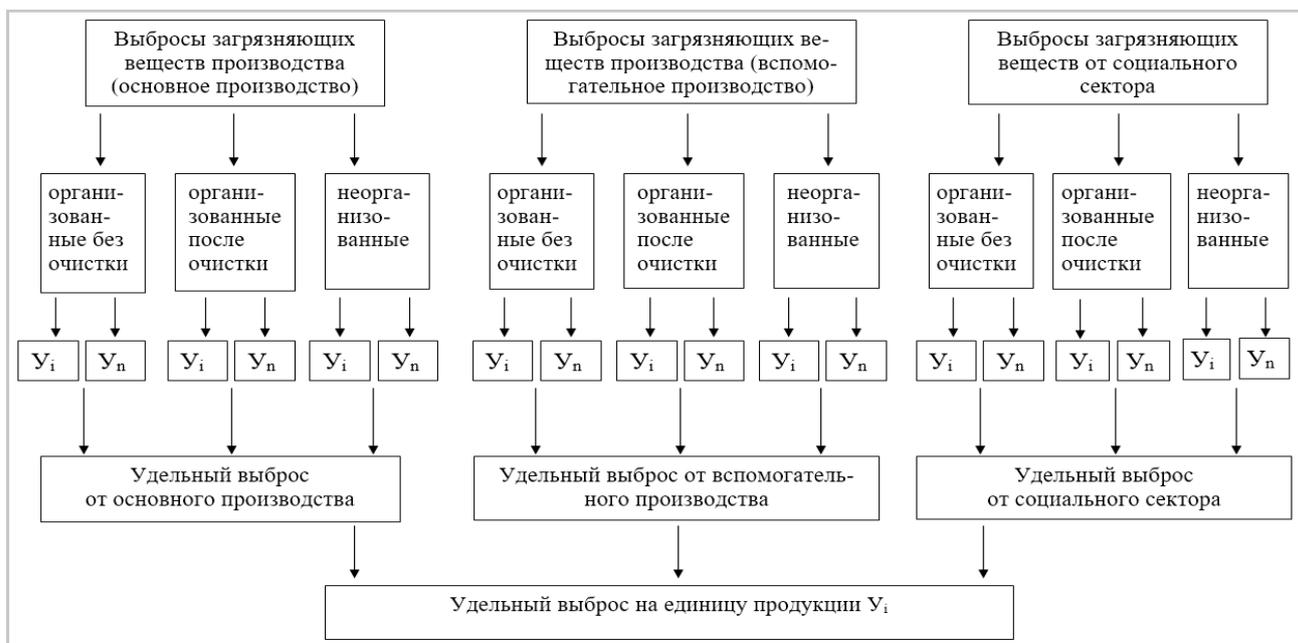


Рисунок 2.1 - Структура удельных выбросов загрязняющих веществ от производства [11]

2.3. Исследование состояния пылевого рассеяния в высокогорных условиях

Нагорные наземные территории, расположенные на высоте более 700 м, относятся к высокогорным и характеризуются пониженным значением парциального давления воздуха [11], измеренного при нормальных атмосферных условиях: геодезической высоты, равной уровню Балтийского моря и барометрическим давлением равным 760 мм рт. ст., что отвечает косвенному значению парциального давления, равному 159 мм рт. ст.

На горных территориях Северного Кавказа в условиях пониженного значения барометрического давления плотность воздуха приземной атмосферы, как правило, снижается пропорционально уровню величины атмосферного давления, рассчитываемого при помощи такой формулы, как [18]:

$$\rho = \rho_0 \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T}, \text{ кг/м}^3 \quad (2.6)$$

где: p – получаемое фактическое количественное значение барометрического

давления в исследуемой местности, мм рт. ст.;

p_0 – известное нормальное количественное значение барометрического давления, $p_0 = 760$ мм рт. ст.;

T_0 – нормальное значение температур приземного воздуха, К; $T_0 = 273$ °К;

T – величина фактической температуры приземного воздуха исследуемой местности, $T = T_0 + t$.

Таким образом, в высокогорных условиях происходит некоторое изменение количественного значения ПДК по следующей формуле [18]:

$$g_{o.в.} = g_0 k_{в}, \text{ мг/м}^3 \quad (2.7)$$

где: g_0 – количественное значение ПДК загрязняющего вещества, определяемого в соответствии с СН-245-71.(84), мг/м³ (для реальных условий ТВМК и с СЦК равное $g_0 = 2$ мг/м³);

$g_{o.в.}$ – количественное значение ПДК загрязняющего вещества устанавливаемое в высокогорных условиях, мг/м³;

$k_{в}$ – специальный поправочный коэффициент высокогорья (характеризующий некоторый уровень определенной разреженности приземной атмосферы, наблюдаемое нагорной местности) определяемый по табл. 2.1.

Таблица 2.1. – Количественное значение поправочного коэффициента барометрического давления

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| Существующее давление, мм рт. ст. | 420 | 460 | 500 | 540 | 580 | 620 | 660 | 700 |
| Коэффициент, $k_{в}$ | 0.55 | 0.6 | 0.66 | 0.71 | 0.76 | 0.81 | 0.86 | 0.92 |

Данная физико-математическая зависимость в графическом виде представлена на рис. 2.2.

На основании проведенного анализа теоретических санитарно-гигиенических нормативов можно сделать вполне обоснованный вывод, что оценка нормирования загрязняющих веществ в приземном воздухе должна осуществляться с учетом их барометрических значений и характеристик.

Таким образом, используемый закон Стокса, определяющий величину скорости витания пылевидных частиц в приземной атмосфере, для применения в условиях высокогорья необходимо несколько скорректировать: так при уменьшении величины разреженности приземной атмосферы дисперсный состав витающих пылевых частиц неизбежно будет меняться также в сторону уменьшения их седиментационного диаметра.

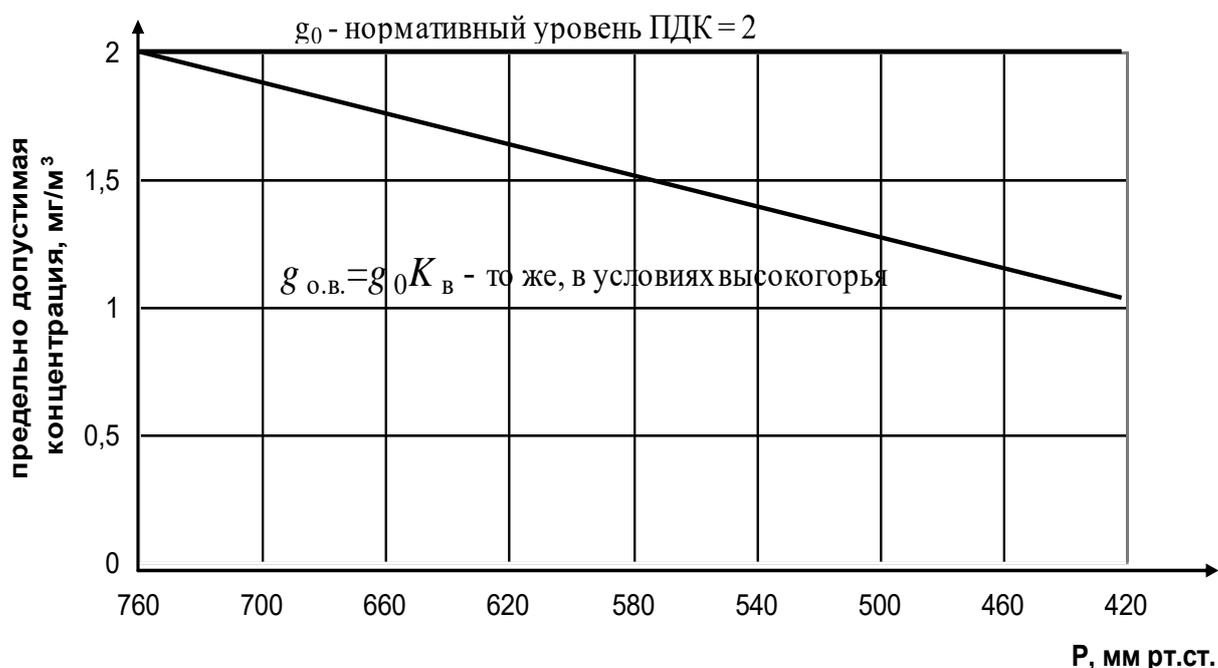


Рисунок 2.2. - График изменения ПДК в условиях пониженного барометрического давления (высокогорные условия) [18]

При чем, параметры размера и формы наночастиц оценивали с использованием специального компьютерного программного обеспечения, предназначенного для анализа данных изображений.

Для определения геометрической формы пылевых наночастиц использовался специальный сканирующий в высоком разрешении электронный микроскоп. Его диапазон увеличения составляет – 5 - 300000X, а ускоряющее напряжение – 0.3-30 кВ. Также использовалась рентгенофлуоресцентная приставка S3400N HITACHI (диапазон обнаружения которой – 10-5 масс. %, минимальная площадь анализа – 100 мкм).

Важным электрическим свойством приземной атмосферы является количественное значение показателя подвижности заряженных ионов в

нормальных атмосферных условиях (определяют по данным табл. 2.2):

Таблица 2.2. – Количественные значения подвижности заряженных ионов при нормальных атмосферных условиях

| Воздух | $10^4, \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ | |
|--------------|---|---------------|
| | отрицательные | положительные |
| сухой | 1.32 | 1.10 |
| влажный | | 1.58 |
| очень чистый | 1.84 | 2.48 |

Подвижность ионов в атмосферных условиях, отличающихся от нормальных, осуществляется следующим образом:

$$K_{\delta} = K_n \frac{760T}{p 273}, \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с}) \quad (2.8)$$

где: K_n – подвижность ионов в приземном воздухе в нормальных атмосферных условиях, $\text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$;

p – величина давления на уровне, мм рт.ст. (для рудников Садоны равно 600, а для карьера Тырнаузского комбината 450-600 мм рт. ст.);

T – значение температуры приземного воздуха, °К.

Вторым сомножителем в формуле (2.8) выступает некая постоянная величина, определяемая для каждого вида горных работ.

Величина K_{δ} выбирается по табл. 2.3, исходя из фактических количественных значений барометрического давления воздуха приземной атмосферы и величин его температуры.

Таблица 2.3 - Значения показателя расчетного коэффициента подвижности ионов при различных параметрах приземного воздуха

| $P, \text{ мм рт.ст.}$ | 450 | 500 | 550 | 600 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Температура воздуха, °С | | | | |
| + 15 | 1.752 | 1.675 | 1.451 | 1.329 |
| + 20 | 1.812 | 1.626 | 1.478 | 1.354 |

Продолжение – Таблица 2.3

| Р, мм рт.ст. | 450 | 500 | 550 | 600 |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Температура воздуха, °С | | | | |
| 0 | 1.689 | 1.520 | 1.382 | 1.266 |
| – 15 | 1.596 | 1.428 | 1.299 | 1.190 |
| – 20 | 1.565 | 1.398 | 1.271 | 1.164 |

2.4. Методология исследования распространения загрязнений во времени и в пространстве

На первом этапе работ основными сведениями о горных предприятиях выступают данные об объемах производства, о местоположении предприятия, сведения о потребляемых видах сырья и об отходах (твердые токсичные отходы, различные выбросы и др.).

Сбор информации осуществлялся в разных ведомствах, организациях и на самих объектах. В качестве важнейшего источника информации выступает государственная статистическая отчетность, формируемая хозяйствующими субъектами.

На основании полученных данных может быть разработана оптимальная схема сбора сведений о горных предприятиях, как источниках пыли. Такая схема позволит создать автоматизированную БД и максимально полный справочно-информационный фонд.

Перечень сведений о горных предприятиях. В соответствии с целями исследований, были выбраны те объекты, деятельность которых связана с добычей и переработкой геоматериалов (горные предприятия Садонской группы рудников, обогатительные фабрики, карьеры по добыче вольфрамо-молибденовых руд, металлургический завод «Электроцинк»).

Перечень собираемой информации составлен в соответствии с существующими инструктивными документами и источниками сведений о

горных предприятиях. Основные из них:

– Экологический паспорт промышленного предприятия. Положения, закрепленные в ГОСТ 17.00.04-90.

– Методические рекомендации по заполнению и ведению экологического паспорта промышленного предприятия. М., Госкомприрода, 1991.

– Государственные статистические отчеты предприятий по формам № 2ТП (водхоз), 2ТП (воздух). «Отчет об охране атмосферного воздуха», «Отчет об обследовании, использовании и обезвреживании токсичных отходов».

– Отчеты по «Инвентаризации источников выбросов вредных веществ».

– Опрос специалистов и администрации предприятий.

– Отчеты о состоянии здоровья населения.

Итак, был использован следующий перечень собираемой информации.

Общая информация о горном предприятии:

1) Срок эксплуатации предприятия.

2) Площадь, занимаемая земельным отводом.

3) Ведомственная принадлежность предприятия.

4) Местоположение и анкетные данные предприятия.

5) Карта-схема с указанием источников загрязнения поверхностных вод и атмосферного воздуха, водозаборов, мест складирования отходов и сырья.

Цеха и прочие производственные объекты:

1) Химический состав, информация о производимой продукции, плановый и фактический объем.

2) Краткое описание промышленного производства.

3) Краткая технологическая схема промышленного производства, описание используемых видов исходного сырья и получаемых промежуточных продуктов, где выделяются загрязняющие вещества либо минеральные отходы.

Расход сырья, ресурсов и вспомогательных материалов по видам продукции (основное и вспомогательное производство):

1) Химический состав в соответствии с ГОСТ или по результатам осуществлённого анализа, проведенного в условиях заводской лаборатории.

- 2) Виды используемого сырья и вспомогательных ресурсов.
- 3) Расход минерального сырья на единицу производимой продукции (плановый и фактический).
- 4) Наименование продукции, производимой из указанного сырья.

Расход энергоресурсов по видам продукции:

Расход энергетических ресурсов по видам производимой продукции с расшифровкой (уголь, мазут, газ, электроэнергия, иные виды топлива – на единицу продукции). Расход теплоэнергии по видам продукции и производствам (всего, на единицу продукции).

Необходимая характеристика вредных выбросов в приземную атмосферу:

1. Характеристика источников выделения загрязняющих веществ: источник выделения – объект, где образуются загрязняющие вещества и происходит их выброс в атмосферу (отвал породы, хвостохранилище, склад сырья, технологические установки и т. д.):

- фактические выбросы каждого загрязняющего вещества на единицу производимой продукции;
- наличие и характеристики газоочистительных установок;
- наименование промышленного производства и основных источников выделения загрязняющих веществ;
- наименование загрязняющих веществ, образуемых в соответствующих источниках выделения и выбросов, переходящих в приземную атмосферу.

2. Характеристика основных источников загрязнения приземной атмосферы: схематичный вид расположения источников и их инвентируемые номера; наименование и основные параметры источников (длина, размеры сечения, устья, диаметр, высота); данные по всем веществам, поступающим в приземную атмосферу.

3. Характеристика всех загрязняющих веществ – данные из формы статистической отчетности 2ТП (воздух), выбрасываемых предприятиями в приземную атмосферу:

- объем загрязняющих веществ, которые поступают в приземную атмосферу

(в разрезе веществ) после очистки и выбрасываемых без очистки;

- объем загрязняющих веществ, которые возвращены в производство или использованы с целью получения продукции;

- наименование загрязняющих веществ;

- объем загрязняющих веществ (в разрезе их видов) от источников выделения стационарного типа, удаляемых в приземную атмосферу через систему газоходов;

- объем загрязняющих веществ (в разрезе их видов), поступающих в приземную атмосферу через вентиляционные установки, свечи, шахты, трубы и иные специальные устройства, и не подвергаемые при этом процедуре очистки;

- объем неуловленных загрязняющих веществ, прошедших через специальные пылеулавливающие и газоочистные установки;

- все возможные виды загрязняющих веществ, поступающие на очистные сооружения;

- фактический объем уловленных в дальнейшем и обезвреженных загрязняющих веществ (исключая те вещества, которые улавливаются для производства продукции);

- количество загрязняющих веществ, выделяемых неорганизованными источниками (отвалы пустых пород, хвостохранилища, осыпи, карьеры, обнаженные поверхности и т.п.);

- наименование загрязняющих веществ и количественная характеристика выделения от конкретных источников и суммарное значение по каждому компоненту.

Характеристика отходов, образующихся на горном предприятии:

1) Наименование отхода, его классификационный код и класс опасности.
2) Периодичность образования отходов и их вывоза.
3) Объем складироваемых и захораниваемых отходов (номер и дата захоронения, указание места, на какой срок выдано, на какое количество отходов, кем выдано).

4) Объем утилизированных (уничтоженных) опасных отходов.

5) Объем отходов, которые были использованы горным предприятием для обеспечения своих потребностей.

6) Объем отходов, которые были переданы другим предприятиям и организациям для последующей переработки.

7) Объем отходов, образуемых в течение года.

8) Объем отходов, используемых в отчетном периоде из мест из организованного захоронения (складирования).

9) Утвержденный проект нормативов образования отходов производства с лимитами на их размещение (ПНООЛР).

10) Причины, по которым отходы не используются, а накапливаются на территории предприятия горнодобывающей отрасли (невозможность транспортировки, отсутствие потребителей, отсутствие технологий).

11) Производство или технологический процесс, где происходит образование отходов.

12) Основные химические соединения и элементы, которые входят в состав отходов, их массовое (процентное) содержание в отходах.

13) Физические и иные специфичные характеристики отходов (влажность, реакционная способность, взрывоопасность, пожароопасность, агрегатное состояние).

14) Объем отходов, которые находятся в местах организованного захоронения или складирования на территории предприятия или за его пределами, но находятся на его балансе.

Характеристика накопителей и полигонов, предназначенных для складирования и захоронения отходов:

1) Наименование объекта: клинкер, могильник, золоотвал, шлакоотвал, кекохранилище, шламонакопитель, хвостохранилище и т. д.

2) Проектная мощность объекта.

3) Площадь, занятая объектом (в га).

4) Места размещения на территории предприятия.

5) Год начала эксплуатации объекта и планируемый год закрытия.

б) Наименование отходов, которые захораниваются или складировются на объекте.

7) Наличие и краткое описание системы контроля объекта (количество наблюдательных свалок и их расположение; периодичность отбора грунтовых вод; отбор и анализ проб атмосферного воздуха, почв и др.).

Рекультивация нарушенных земель:

1) Площадь земель, которые были отработаны в отчетном году.

2) Общая площадь земель, которые были нарушены горным предприятием в отчетном году.

3) Площадь земель, которые были рекультивированы в отчетном году (плановое и фактическое значение).

Транспорт предприятия:

1) Суммарный (общий) пробег собственного транспорта и транспорта, заезжающего на территорию предприятия.

2) Общее количество транспорта за год, не находящегося в собственности предприятия, но регулярно работающего на территории.

3) Количество единиц транспорта, находящегося в собственности горного предприятия.

Информация об объектах коммунального хозяйства:

1) Количественная и качественные характеристики загрязняющих веществ, поступающих от объектов коммунального хозяйства в окружающую природную среду.

2) Местоположение химчисток, котельных, очистных сооружений, свалок ТБО.

3) Характеристика социального сектора (отопление, центральная канализация, жилые застройки).

Цель камеральной обработки собранной в ходе натурных (полевых) исследований информации заключается в осуществлении ранжирования, то есть определении приоритетного ряда производственных объектов горной промышленности по степени их участия в физико-химическом загрязнении

приземной атмосферы.

При определении принципов решения рассматриваемой задачи нужно учитывать существующие методы оценки приоритетности отдельных загрязняющих веществ и предприятий. Методы, описанные в специальной литературе, предполагают применение таких базовых показателей:

- показателей, отражающих миграционную способность загрязняющих веществ и времени распада неустойчивых соединений;

- показателей, отражающих токсичность вредных загрязняющих веществ (ранжируются отношения измеряемых концентрация загрязняющих веществ к ПДК соответствующего вредного вещества);

- показателей, отражающих поступление загрязняющих веществ от техногенных объектов.

Несмотря на условность действующих ПДК и некоторые погрешности статистической отчетности, данный метод позволяет привести имеющиеся данные о химическом загрязнении окружающей среды горными предприятиями к сопоставимым количественным оценкам.

Задача выявления и оценки формирования территориального ареала загрязнения атмосферного бассейна автором решалась посредством сбора и обобщения сведений об основных источниках выделения пыли являющихся источником загрязнения окружающей среды.

2.4.1. Количественные показатели вредного воздействия пылевого загрязнения

Оценка общего количества пыли, выделяющейся на приземную атмосферу в единицу времени от горных предприятий, проводилась гравитационным методом. Содержание частиц в эмиссии пыли определяли с помощью лазерного анализатора размера частиц Microtrac S3500 (размерный диапазон работы которого от 20 нм до 2000 мкм).

Необходимо было определить среднеквадратическую погрешность осуществляемого анализа [21]:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum \Delta_i^2}}{n-1} \cdot 100\%, \quad (2.9)$$

где: Δ_i - абсолютная погрешность анализа i -той пробы, мг/л;

n – реальное количество осуществленных измерений;

C_2 - верхний возможный предел осуществленных измерений, определяемый по шкале используемого анализатора, мг/л;

C_1 - нижний возможный предел осуществленных измерений, определяемый по шкале используемого анализатора, мг/л.

Требуемое количество проб рассчитываем в соответствии с формулой Стьюдента:

$$h = t^2 \frac{K^2_{\delta}}{K^2_{\sigma}}, \quad (2.10)$$

где: t – полученный параметр распределения (1.480);

K_{σ} – коэффициент возможной вариации данных (принят 0.2);

K_{δ} – погрешность осуществленных количественных измерений (равно 0.15).

Оценка относительного загрязнения приземной атмосферы осуществлялось с использованием специального коэффициента концентрации K_K . В реальности, данный коэффициент, как правило, равен отношению суммы фактических

концентраций поллютантов $\sum_{i=1}^{i=n} C_{i\text{факт}}$ к их сумме установленных фоновых

концентраций $\sum_{i=1}^{i=n} C_{i\text{фон}}$ [63]:

$$K_{ik} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} C_{i\text{факт}}}{\sum_{i=1}^{i=n} C_{i\text{фон}}} \quad (2.11)$$

В последующем был рассчитан показатель загрязнения приземной атмосферы (Π_3) [70]:

$$P_3 = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_{i\text{факт}} - C_{i\text{фон}}}{C_{i\text{фон}}} + 1 = \sum_1^n K_{ик} - (n-1) \quad (2.12)$$

где: i – реальный вид загрязняющего вещества;

n – количество элементов, загрязняющих приземную атмосферу, выбрасываемых рудником, карьером или иным объектом горной промышленности;

$K_{ик}$ - относительный коэффициент концентрации поллютантов;

$C_{i\text{факт}}$ - фактическое содержание загрязняющего вещества в приземной атмосфере, мг/м³;

$C_{i\text{фон}}$ - фоновое содержание загрязняющего вещества в приземной атмосфере, мг/м³.

В настоящее время в России по стандарту в атмосферном воздухе допустимо содержание следующих химических веществ, мкг/м³ [85, 106]:

Hg – 5 ÷ 15; SO_2 – 0.05 ÷ 4; NO_2 – 0.9 ÷ 1.8; H_2S – 0.02 ÷ 1.0;
 SO_3 – 0.05 ÷ 4; As – 1.1 ÷ 2.2; Pb – 2 ÷ 40; C_d – 0.2 ÷ 0.3.

Учитывая агрессивность загрязняющих веществ (табл. 2.4.), можно с большой точностью установить интегральное воздействие объекта загрязнения на приземную атмосферу.

Таблица 2.4. – Количественный коэффициент агрессивности наиболее часто встречающихся загрязнителей [70]

| Загрязнитель | Коэффициенты агрессивности |
|---------------------------------|----------------------------|
| Соединения ртути, свинца | 22400.0 |
| Углеводороды | 1.26 |
| Оксиды цинка | 245.0 |
| Коксовая и агломерационная пыль | 100 |
| Пыль известняка | 25 |
| Оксид алюминия | 16.9 |
| Сернистый газ | 16.5 |

Продолжение – Таблица 2.4.

| Наименование ингредиента | Коэффициенты агрессивности |
|-------------------------------|----------------------------|
| Оксиды железа, натрия, магния | 13.9 |
| Пятиокись ванадия | 1225.0 |
| Никель и его оксиды | 5475.0 |
| Оксид азота | 41.1 |
| Оксид углерода | 1.0 |
| Сернистая кислота | 49.0 |

Исходя из концепции равновесного гармоничного развития техносферы с природной средой приемлемой является техногенная нагрузка не превышающая предельно-допустимого уровня, т.е. когда показатель геоэкологического воздействия K не превышает единицы: при условии если K не больше 2-х нагрузка на геосистему является напряженной [53]. В этом случае необходимы эффективные мероприятия для вывода объекта воздействия на окружающую среду в равновесное состояние.

При показателе геоэкологической нагрузки более 2-х возникает деградация природной среды и без экстренных мер, вплоть до прекращения деятельности природопользователя невозможно сохранить ранее сложившееся эволюционное равновесие [90]. Определение подвижных форм тяжелых металлов проводилось методом атомно-адсорбционной спектрофотометрии в лаборатории кафедры геохимии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова.

Принятая в РФ система инвентаризации выбросов загрязняющих веществ, в основном базируется на результатах непосредственных измерений на конкретных источниках [49, 70, 74]. В условиях значительного количества устаревших технологий и оборудования в России подобный подход дает возможность получить реальные достоверные данные о выбросах загрязнений на горнодобывающих предприятиях.

Только при отсутствии подобных измерений допускается применение

расчетных методик. Однако, учитывая возможность масштабного использования расчетного метода для установления ущерба и соответственно платы за загрязнение природной среды, значимость этого показателя приобретает особое значение.

В большинстве западноевропейских стран и в США данные о выбросах загрязняющих веществ в приземную атмосферу в рамках государственного учета получают расчетным методом, используя систему удельных показателей выбросов на единицу продукции и статические данные о производстве товаров и материальных ресурсов по основным производствам.

Этому способствует наличие достаточно подробной статистики по многим видам деятельности экономики, а также экспериментально отработанная система удельных показателей выбросов для многих производств, соблюдение которых контролируется инспекционной службой государственных органов охраны природы.

В подобных условиях данные о выбросах загрязняющих веществ в приземную атмосферу в национальном масштабе, как правило, получают расчетным путем. Поэтому исключительное значение отводится изданию и использованию для этого сравнительно простых расчетных моделей. При необходимости учитываются отдельные региональные и отраслевые особенности, изучаются также на основе конкретных экспериментальных исследований.

2.4.2 Количественная оценка изменение качества приземной атмосферы при добыче полезных ископаемых

Горнодобывающие работы сопровождаются образованием и выделением в приземную атмосферу большого количества пыли, ядовитых и вредных газов, загрязненных стоков.

Совокупное влияние атмосферных загрязнений должно отвечать

следующему теоретическому равенству [42, 43]:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} = G \leq 1, \quad (2.13)$$

где: C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации загрязняющих веществ попадаемых в приземную атмосферу, мг/м³;

ПДК₁, ПДК₂, ..., ПДК_n – предельно-допустимые концентрации соответствующих загрязняющих веществ, мг/м³;

G – сумма долей вычисленных концентраций загрязняющих веществ, отнесенных к их ПДК.

Физический смысл показателя вредного воздействия выбросов в приземную атмосферу заключен в объеме чистого атмосферного воздуха, требуемого для разбавления вредных веществ, выбрасываемых в приземную атмосферу до уровня концентраций, не превышающих их предельно допустимые концентрации.

ПДК при содержании SiO₂ в пыли свыше 70 % – 1 мг/м³, 70 – 10 % – 2 мг/м³, 10 – 2 % – 4 мг/м³ (см. табл. 1.6)

Таблица 2.5 - ПДК веществ в атмосферном воздухе [76]

| Наименование вещества | ПДК _{с.с.} , мг/м ³ | ПДК _{р.з.} , мг/м ³ |
|---|--|--|
| Пыль с содержанием SiO ₂ > 10-75 % | 0.5 | 2.0 |
| Кремниевая кислота SiO ₂ | 0.3 | 2 |
| Оксид серы SO ₃ | 0.05 | 1.0 |
| Аммиак NH ₃ | 0.04 | 20 |
| Оксид углерода CO | 3 | 20 |
| Оксид цинка ZnO | 0.05 | 0.5 |
| Оксид железа Fe ₂ O ₃ | 0.04 | 4 |
| Мышьяк As | 0.003 | 0.5 |
| Свинец Pb | 3 · 10 ⁻⁴ | 0.01 |
| Оксид азота NO ₂ | 0.04 | 2 |

Загрязнение приземной атмосферы при одновременном присутствии различных видов загрязняющих веществ целесообразно оценивать по

комплексному показателю P , учитывающему характер возможного их комбинированного воздействия различных веществ и их класс опасности по следующей формуле [96]:

$$P = \sqrt{\sum K_i^2} \quad (2.14)$$

где: $K_i = \frac{C_i}{(ПДК_{cc})_i}$ - значение среднегодового загрязнения приземной атмосферы

i -ым веществом, выраженное в долях среднесуточной ПДК ($ПДК_{cc}$), приведенное к биологическому эквиваленту третьего класса опасности.

Индекс того или иного класса опасности веществ определяется в соответствии с величиной устанавливаемого ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны ($ПДК_{рз}$) и составляет:

- для I-го класса ($ПДК_{рз}$ до 0.1 мг/м^3) – 1,7;
- для II-го класса ($ПДК_{рз}$ $0.1-1 \text{ мг/м}^3$) – 1,3;
- для III-го класса ($ПДК_{рз}$ $1-10 \text{ мг/м}^3$) – 1,0;
- для IV-го класса ($ПДК_{рз}$ больше 10 мг/м^3) – 0,85.

Реальные значения $ПДК_{cc}$ и $ПДК_{мр}$ загрязняющих веществ в приземной атмосфере населенных мест, представлены в табл. 2.6.

Таблица 2.6. – Комплексное значение $ПДК_{cc}$ и $ПДК_{мр}$ для наиболее распространенных веществ, загрязняющих приземную атмосферу

| № п/п | Вредное вещество | Класс опасности | ПДК, мг/м^3 | |
|----------|-------------------|--------------------|----------------------|------------|
| | | | $ПДК_{мр}$ | $ПДК_{cc}$ |
| 1. | Сажа | 3 | 0.15 | 0.05 |
| 2. | Магния оксид | 3 | 0.4 | 0.05 |
| 3. | Сероводород | 2 | 0.008 | - |
| 4. | Углерода оксид | 4 | 5 | 3 |
| 5. | Фенол | 2 | 0.01 | 0.003 |
| 6. | Водород хлористый | 2 | 0.2 | 0.2 |

Продолжение – Таблица 2.6

| № п/п | Вредное вещество | Класс опасности | ПДК, мг/м ³ | |
|----------|---|--------------------|------------------------|-------------------|
| | | | ПДК _{мр} | ПДК _{сс} |
| 7. | Азота оксид | 3 | 0.6 | 0.06 |
| 8. | Серный ангидрид | 3 | 0.5 | 0.05 |
| 9. | Пыль неорганическая, содержащая более 70 % оксида кремния | 3 | 0.15 | 0.05 |
| 10. | Железа оксид | 3 | - | 0.04 |
| 11. | Азота диоксид | 2 | 0.085 | 0.04 |
| 12. | Озон | 1 | 0.16 | 0.03 |
| 13. | Аммиак | 4 | 0.2 | 0.04 |
| 14. | Серный ангидрид | 3 | 0.5 | 0.05 |

При функционировании горного производства как правило, имеет место следующее явно выражено неравенство (см. табл. 2.7.) [126]:

$$\text{ПДК}_{р.з} > \text{ПДК}_{м.р} > \text{ПДК}_{с.с.} \quad (2.15)$$

Таблица 2.7. - Показатели содержаний вредных веществ в рабочей зоне и атмосферном воздухе, мг/м³

| Вредное вещество | Атмосферный воздух | | Рабочая зона |
|-----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | ПДК _{мр} | ПДК _{сс} | ПДК _{рз} |
| <i>NO₂</i> | 0.085 | 0.04 | 2 |
| <i>CO</i> | 5 | 3 | 20 |

Наибольшая концентрация *C* любого вредного вещества в приземном слое воздуха за пределами санитарно-защитной зоны СЗЗ горного предприятия не

должна превышать возможной максимальной разовой предельно допустимой концентрации:

$$C \leq \text{ПДК}_{\text{м.р.}} \quad (2.16)$$

Теоретически общая картина загрязнения приземной атмосферы горноперерабатывающим комплексом может быть выражена имеющимися санитарно-экологическими требованиями к качеству атмосферного воздуха, зависимостью [19]:

$$C_{oi} + C_{Bi} + C_{\phi i} \leq \text{ПДК}_{\text{cci}}, \quad (2.17)$$

где: C_{oi} - количественный показатель уровня загрязнения от основного производства, мг/м³;

C_{Bi} - количественный показатель уровня загрязнения от вспомогательного производства, мг/м³;

$C_{\phi i}$ - количественный показатель фонового загрязнения, мг/м³;

i - вид загрязняющего вещества.

Схематически формирование геоэкологической обстановки в горном регионе приведена на рисунке 2.3. [12] и как видно из него, в формировании геоэкоферы региона участвуют как точечные и линейные, так площадные источники загрязнения. От интенсивности эмиссии загрязняющих веществ каждого из источников зависит геоэкологическая нагрузка на компоненты окружающей среды.

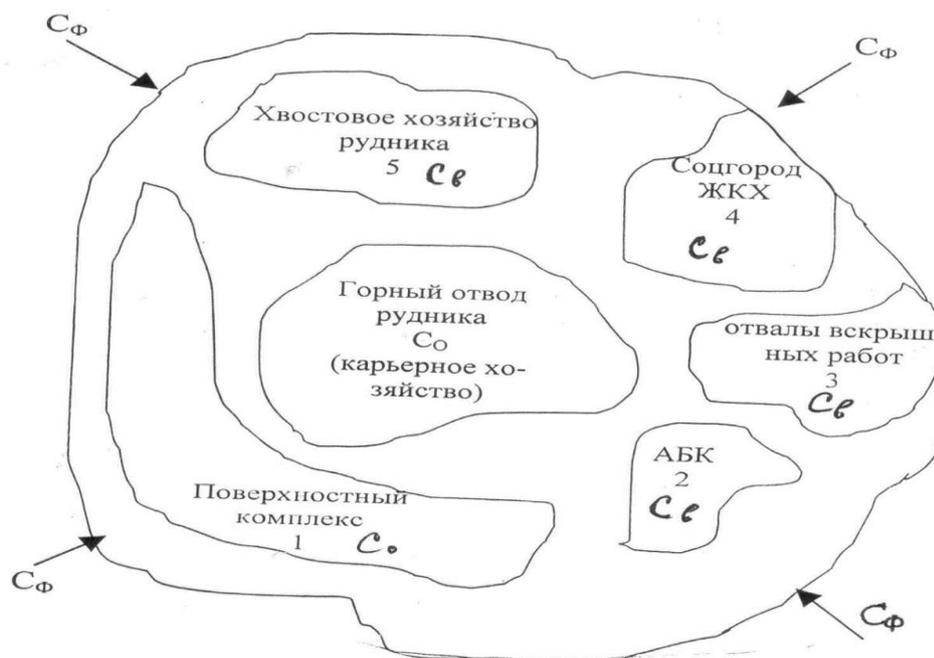


Рисунок 2.3. - Схема формирования загрязнения геозкосферы горного региона

2.5. Методические приемы и исследования геозэкологической нагрузки

Наиболее эффективный метод для проведения геозэкологической оценки района функционирования природно-технической системы «геологическая среда – горное предприятие – геозэкосистема» — специализированная геобиозэкологическая съемка.

Еще один вариант – моделирование. При моделировании используется такой методический прием, который позволяет при ограниченном натурном материале получать адекватную оценку состояния окружающей природной среды.

Горные геозэкосистемы характеризуются некоторой замкнутостью, обусловливаемой пониженным барометрическим давлением приземной атмосферы и сильно расчлененным рельефом местности.

Переход к формализованной автоматизированной модели от концептуального моделирования, предполагает накопление большого объема

количественных данных. Также необходимо систематизировать затрагиваемые объекты, содержание осуществляемых наблюдений, включение в физико-математическую модель большинства элементов изучения воздушного бассейна, исследования растительного мира и почв.

Общая геоэкологическая нагрузка на окружающую природную среду горного региона определяется следующим образом [6]:

$$\Theta_n = f\left(\sum_{n=1}^n X_n, \sum_{n=1}^n \Phi_n, \sum_{n=1}^n B_n\right), \quad (2.18)$$

где: $\sum_{n=1}^n X_n, \sum_{n=1}^n \Phi_n, \sum_{n=1}^n B_n$ – показатели, характеризующие основные отклонения

(химические, физические, биологические) в природной среде, связанные с деятельностью добычного комплекса (природно-технической системы), у.е.;

$\sum_{n=1}^n X_n - X_1, X_2, \dots, X_n$ – параметры химических явлений и элементов,

оказывающих влияние на разрушение и загрязнение окружающей природной среды (по данным геохимического апробирования загрязнённых почв), у.е.;

$\sum_{n=1}^n \Phi_n - \Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ – параметры физических процессов, связанных с

производственной деятельностью горного предприятия, у.е.;

$\sum_{n=1}^n B_n - B_1, B_2, \dots, B_n$ – показатели неестественных биологических процессов,

вызванных деятельностью горного предприятия в данном регионе, у.е.

2.2 Выводы

1. Для качественного выполнения исследований необходимо использовать адекватную нормативно-методическую базу, включающую в себя соответствующие принципы, методики и приёмы.

2. При этом необходимо выделить:

– Источники выбросов.

-Оценку эффективности намеченных мероприятий, проектируемых устройств и сооружений.

-Сравнение проектных решений с существующим передовым опытом по очистке вредных и загрязняющих выбросов.

-Наименования загрязняющих выбросов (в том числе с интегральным вредным воздействием).

- Количественные характеристики загрязняющих выбросов (в том числе - возможных залповых или аварийных выбросов) результаты расчетов концентраций, анализ и рекомендации по временно-согласованным (ВСВ) и предельно-допустимым (ПДВ) выбросам в приземную атмосферу.

-Обоснование оптимальных решений по уменьшению и предотвращению образования загрязняющих веществ.

-Обоснование оптимальных решений по минимизации уровня выделения вредных веществ в атмосферу, по выбору аппаратуры и оборудования для очистки.

3. При количественной оценке уровня относительного загрязнения приземной атмосферы и почв первоначально применяется относительный коэффициент концентрации K_K , как правило равный отношению суммы фактических концентраций загрязнителей к сумме фоновых значений. Исходя из концепции равновесного гармоничного развития техносферы с природной средой приемлемой является техногенная нагрузка не превышающая предельно-допустимого уровня, т.е. когда показатель экологического воздействия не превышает единицы: при условии если не больше 2-х нагрузка на геоэкосистему является напряженной

4. Количественной оценкой эффективности имеющихся воздухо-охранных мероприятий по минимизации концентрации вредных веществ вбрасываемых в приземную атмосферу, предполагается осуществление расчета уравнения концентрации до и после реализации разработанных способов и средств по снижению выбросов.

ГЛАВА 3. ПРАКТИКА ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ГОРНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

3.1. Пылевые выбросы на карьерах и рудниках Северного Кавказа

На этом этапе исследования основным объектом наблюдения являлись пылевые выбросы с отвалов некондиционных руд и вскрышных горных пород Садонского полиметаллического рудника (см. рисунок 3.1.), расположенного в верховьях Алагирского ущелья, на территории Северной Осетии (РФ).



Рисунок 3.1. - Штольня Садонского полиметаллического рудника

Кроме того, проведение исследований выполнялось на карьере «Мукуланский» Тырнаузского вольфраммолибденового горного предприятия. По своему месту нахождения, это горнодобывающее предприятие расположено в отрогах гор Северного Кавказа, на территории республики Кабардино-Балкария Российской Федерации. В соответствии с тем, что этому карьеру свойственно нагорное расположение, размещение производственных объектов также осуществлено на высоте, составляющей: для обогатительной фабрики – **1350** м, центральной штольни рудника «Молибден» - **2004** м, нового рудника – порядка **2500** м, верхней площадки залежи руды «Молибден» - **2700** м.

Таким образом карьер «Мукуланский» (имеющий месторасположение на

высотах от 2250 до 3200 м над уровнем моря), имеет достаточно большой перепад по высоте и мощное породо-отвальное хозяйство, распространяющееся вниз по склону горы на расстояние более 3000 м. Породо-отвальное хозяйство выглядит в форме конусного выноса породы с вершиной расположенной в верхней части карьера и основанием находящемся на уровне дна Баксанского ущелья, при отметке 1200 м над уровнем моря [5, 9].

Технико-технологические особенности пылевого загрязнения на горных предприятиях (при добыче геоматериалов подземным, открытым или комбинированным способами) источниками пылевого загрязнения окружающей среды являются [5]:

- выработки вскрывающие полезные ископаемые;
- дробильно-размольное оборудование обогатительного производства;
- аспирационные установки;
- опрокидыватели горной массы на поверхностном комплексе или на руддворах шахт и рудников;
- быткомбинат по сушке и стирке спецодежды;
- разгрузка руды из бункеров горных объектов в автосамосвалы и транспортировка горной массы на обогатительное производство или на отвальное хозяйство;
- хвостохранилища;
- автодороги как основные, так и внутриплощадочные бульдозерные работы для планировки отвального рудного поля и др. [6, 9, 23, 25].

Весь перечень работ по добыче вскрышных пород и руд: зарядание скважин и шпуров, бурение, измельчение негабарита (довольно значительных по размеру кусков руды) путем их взрывания и дробления, экскавация рудной массы и ее перемещения бульдозерами, а также транспортировка через карьерные рудоспуски и перевозка вскрышных пород на отвальное поле – являются основными факторами загрязнения приземной атмосферы.

К одному из наиболее интенсивных источников геоэкологического

загрязнения приземной атмосферы повторяющегося действия, относится – дезинтеграция (разрыхление) массива горных пород под влиянием взрыва на карьере. Газы и минеральная пыль, выброс которых осуществляется, по своему объему определяется исходя из того, сколько взрывчатых средств было использовано для того, чтобы породы были разрушены.

В то время, когда рудная масса взрывается, происходит образование пылегазового облака. Его размер находится в пределах 15-20 куб. м. Выбросы поднимаются на 1.5 – 1.6 тыс. м. Значительными являются расстояния, на которые распространяется такое облако. Так., при подрыве руды на ПО «Кривбассруда» в течение часа отмечается концентрация пыли на уровне 6-10 мг на куб.м. При этом расстояние такого распространения может достигать 1,5 м. Рассеивание может достигать 4 км. Процентное содержание частиц, размер которых равен до 5 мкм, равняется 93 – 98 %.

Из-за того, что карьере «Мукуланскому» свойственна значительная глубина, возникает потребность применения транспортных средств с высокой маневренностью. Руда, которая была добыта, доставляется к вершинам спусков руды за счет работы автосамосвалов.

По ширине, автодороги технологического характера, по которым перемещаются карьерные транспортные средства, равны 12 м. Минимальный показатель расстояния, по которому осуществляется транспортировка, равен 450 м. Показатель в 1,1 км. является максимальным.

Существенная степень загрязнения возникает в то время, когда проводятся карьерные разработки с использованием автомобильного транспорта. Те автодороги, по которым передвигаются такие автомобили, характеризуются пылеобразованием интенсивного уровня. Кроме того, атмосфера загрязняется за счет работы двигателей внутреннего сгорания.

Обочины технологических автодорог относятся к числу неблагоприятных зон. Ветер и автотранспорт, передвигающийся по таким автодорогам, образует подъем пылевого слоя.

Отрицательное влияние на экологию осуществляется не только тогда, когда

горные массы транспортируются, но и при проведении работ, связанных с доставкой материалов, требуемых для функционирования карьера.

Таблица 3.1. - Расстояние транспортировки горной рудной массы на карьерах цветной металлургии автосамосвалами [23]

| Среднее расстояние, км | БелАЗ-548 | | БелАЗ-540 | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | количество предприятий | % от общего количества | количество предприятий | % от общего количества |
| До 1.0 | 1 | 10 | 7 | 13.7 |
| 1.0 – 1.49 | 1 | 10 | 8 | 15.7 |
| 1.5 – 2.4 | 3 | 30 | 21 | 41.2 |
| 2.50 – 2.99 | 2 | 20 | 7 | 13.7 |
| Свыше 3.00 | 3 | 30 | 8 | 15.7 |
| Всего | 10 | 100 | 51 | 100.0 |

Несмотря на проводимое орошение, показатель запыленности, отмечающийся в воздухе, в несколько раз выше санитарных норм. Если пылеподавление не проводится, он может достигать сотен мг на м³.

Таблица 3.2. - Характеристика приземной атмосферы разрабатываемых карьеров [23]

| Карьер | Состояние технических дорог | Запыленность вблизи дороги, мг/м ³ | Характеристика дорог |
|-------------|-----------------------------|---|---|
| Сибайский | сухие | 40 – 45 | покрытие щебеночное, основание скальное |
| Сорский | сухие | 12 – 36 | |
| Лебединский | сухие | 54 – 180 | грунтовые и с железобетонным покрытием |

Продолжение – Таблица 3.2.

| Карьер | Состояние технических дорог | Запыленность вблизи дороги, мг/м ³ | Характеристика дорог |
|--------------------------------|-----------------------------|---|--|
| Тырныаузский ВМК (Мукуланский) | сухие | 75 – 180* | покрытие щебеночное, основание скальное |
| Зырьяновский | сухие | 100 и более | грунтовые и улучшенные гравием, основание скальное |

Примечание: * – пробы отбирались в 1987 – 1988 гг. Алборовым И.Д.

Учитывая результаты проведения лабораторных анализов, было экспериментально установлено, что дорожная пыль содержит от 8 до 42 % SiO_2 . При этом, более 70 % характеризуются размером в 3-5 мкм.

В процессе транспортировки невозможно избежать осыпания руды, горных пород и концентрата на дороги. Воздействие транспортных средств способствует их размалыванию. Образованная пыль поступает в воздушный бассейн. Наиболее высокая степень распространения отмечается тогда, когда порывы ветра являются резкими.

Формула, позволяющая определить, сколько пыли поступает из одного кузова в процессе транспортировки горных масс, следующая:

$$G_{AK} = U^2(4 + 2.5 V_d)(U - 4) \cdot 10^{-3} \quad (3.1)$$

где: G_{AK} – количественная удельная интенсивность пылевыведения из кузова автосамосвала, г/(м² · с);

V_d – количественное содержание пылевых частиц, размером менее 5 мкм, в горной массе, %;

U_A – значение скорости движения автосамосвала, м/с;

$U = U_A \pm V$ – значение скорости набегающего воздушного потока, м/с;

V – скорость ветра, м/с.

Невозможно установить зависимость между временем года и интенсивностью пылеобразования, отмечающейся тогда, когда работают буровые станки. Это означает, что невзирая на погодные условия, организация должна использовать средства, способствующие пылеподавлению. Для бурения взрывных скважин используются шарошечные станки СШБ-250 и СШБ-320. Представленные технические устройства характеризуются наличием средств, направленных на обеспыливание. Они входят в их комплектацию. Впрыскивание воды осуществляется в трубопровод, где находится сжатый воздух, требуемый для продувания скважины. Работа насоса ОН-2 обеспечивает подачу воды. Вентиль предусмотрен для ее регулирования.

На проведение погрузочно-разгрузочных работ приходится существенный объем загрязнения. Подобная ситуация отмечается и на изучаемых рудниках. Так, к бункерам, размещенным на поверхностных комплексах, подается руда и пустая порода в вагонетках. Такой процесс сопровождается высокой концентрацией пыли, разносящейся на многокилометровый радиус [23-27].

В то время, когда погрузка горной массы выполняется одноковшовой погрузочной машиной, наибольшее выделение пыли происходит тогда, когда осуществляется разгрузка ковша. При этом, распространение пылевого облака происходит практически по всей площади, отведенной для карьерных работ.

Если оборудование будет правильно расставлено, запыленность, возникающая в то время, когда ведется погрузочная работа, может быть снижена. Для правильности расстановки необходимо учесть то, в каких направлениях осуществляются воздушные потоки, а также то, в каких местах смежных участков размещено оборудование.

3.2 Эмиссия загрязняющих веществ в окружающую среду от объектов горной промышленности

Существование пылящих поверхностей относится к числу наиболее значимых источников выделения пыли, попадающей в экосистемы. Такими выступают откосы карьеров, площадки отвалов, хвостохранилища, являющиеся сухими пляжами. В тех регионах, где местность является горной, объем такой пыли увеличивается благодаря эрозии, естественной осыпи.

Помимо природных источников, негативное влияние отмечается и со стороны месторождений, разработка которых выполняется под землей или открытым способом. Поверхность таких площадей разрушена, что создает предпосылки к образованию пыли.

Когда в регионе отмечается сухая ветреная погода, происходит поднятие воздушных масс, разносящих пыль. Проведен ряд лабораторных и промышленных исследований, объектами которых выступили карьеры «Мукуланский» и «Высотный» Тырнаузского вольфрамо-молибденового комбината. Выводы исследователей указывают на то, что достижение воздушными потоками скорости свыше 5 м/с, выступает основанием к интенсивному взметыванию пыли, которая оседает. Если такой показатель превышает 8 м/с, происходит интенсификация такого процесса.

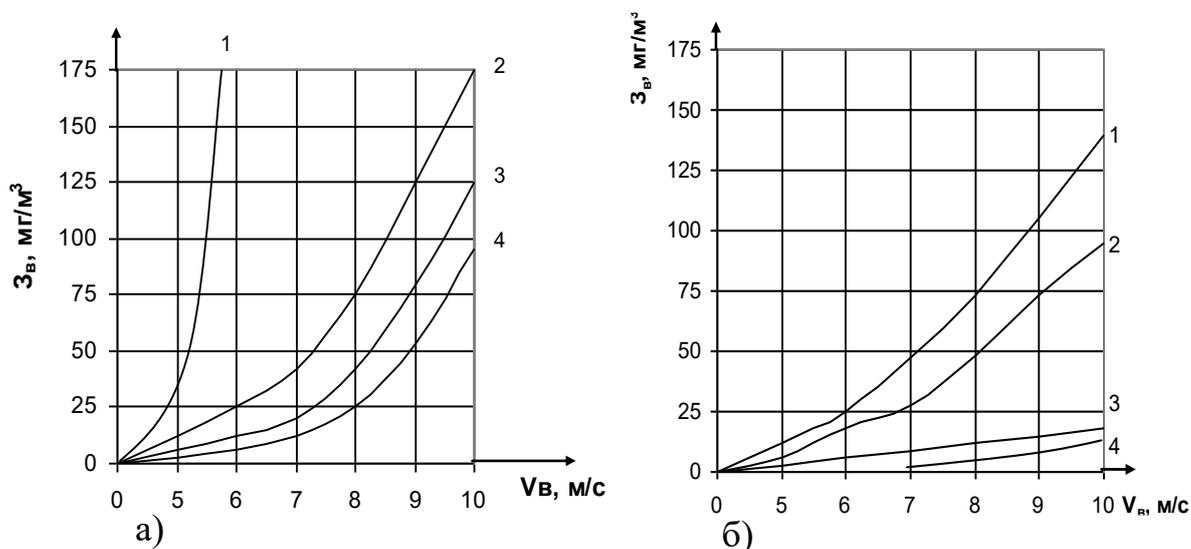


Рисунок 3.2 - Зависимости изменения величины запыленности воздуха Z_v при

различных значениях скорости ветра V_B [11]:

а) от характеристики исходного материала (при влажности $0.1 \div 0.2 \%$): 1 – раздробленная руда с $f = 12 \div 14$; 2 – мрамор, $f = 13 \div 15$; 3 и 4 – роговики, $f = 13 \div 15$ и $f = 18 \div 20$; б) от параметров влажности пыли (мрамор с $f = 16 \div 20$): 1 – 0 – 1 %; 2 – 3 – 4 %; 3 – 5 – 6 %; 4 – 7 – 8 %

Определение ветрового режима, зачастую, происходит исходя из орографических условий, с учетом температурных показателей. В большинстве случаев, горно-долинные ветры, которым свойственна изменчивость направлений, преобладают именно там, где есть снежники и ледники.

3.3. Характеристика пыли выбрасываемой горными предприятиями

Для характеристики минеральной пыли обычно используют 3 основных параметра [146]:

1. Поперечный размер частиц (\emptyset , ребро куба) – d ; $[d] = \text{см, м}$.
2. Дисперсность (D) – величина, обратная поперечному размеру частиц:

$$D = 1/d; [D] = \text{см}^{-1}, \text{м}^{-1} \quad (3.2)$$

1. $S_{y\emptyset}$ - представляющая собой межфазную поверхность ($S_{1,2}$), приходящуюся на единицу объема (V) или единицу массы (m):

$$S_{y\emptyset}^V = \frac{S_{1,2}}{V}; [S_{y\emptyset}^V] = \text{см}^2/\text{см}^3 = \text{см}^{-1}(\text{м}^{-1}) \quad (3.3)$$

$$S_{y\emptyset}^m = \frac{S_{1,2}}{m}; [S_{y\emptyset}^m] = \text{см}^2/\text{г}, \text{м}^2/\text{кг} \quad (3.4)$$

для кубических частиц:

$$S_{y\emptyset}^V = \frac{6l^2n}{l^3n} = \frac{6}{l} = 6D \quad (3.5)$$

для сфер:

$$S_{y\emptyset}^V = \frac{\pi d^2n}{1/6\pi d^3n} = \frac{6}{d} = 6D \quad (3.6)$$

В реальности, распределение частиц минеральной пыли по геометрическим размерам довольно различно, однако оно зачастую подчиняется логарифмическому закону распределения Гаусса. В интегральной форме это распределение описывается следующей формулой [148]:

$$\lg da \cdot \lg 2\left(\frac{da}{dm}\right) - 100 \int 21g \cdot 2\sigma \cdot M(da) = \lg \sigma \cdot 2\pi \cdot ed(\lg da) \quad (3.7)$$

где: $M(d_a)$ – относительная доля частиц пыли размером менее - d_a ;

d_m – медианный размер частиц минеральной пыли, при котором доли частиц размером более и менее d_m равны;

$\lg \sigma$ – среднеквадратичное отклонение.

3.4. Исследования поведения пыли в приземной атмосфере

Некоторые силы выступают основой атмосферного движения, объектом которых выступают минеральные частицы пыли. Горизонтальное перемещение таких, зачастую, основано на перемещении воздушных масс, вызванном ветром.

Не отрицается существования и иных видов воздействия, которые носят коротко-периодичное значение. В их основе лежат температурные колебания, изменения показателей давления, воздушные фронты. Воздействие представленных сил порождает перемещение частиц пыли.

При чем, для мелкодисперсной пыли обычно характерно броуновское движение, которое поддерживает ее непрерывное перемещение с достаточно высокой (5 – 30 см/с) скоростью и низкой (около 0.01 см/с) скоростью оседания. При этом мелкая (1.5 ÷ 0.7 мкм) фракция минеральной пыли [105], даже при частой смене направлений ветра, может переноситься на расстояния $R = 2000 \div 4000$ км.

Крупные фракции (см. рисунок 3.3) выделяемой (при взрывах, экскаваторами, транспортировкой и оборудованием) пыли состоят в основном из

кварца, кальцита и пыли, обогащенной кальцием, и оседают вблизи источника её выделения [16, 17].

На характеристики и показатели (как в пространстве, так и во времени) приземной атмосферы существенное влияние оказывают рельеф местности и особенности метеорологических параметров территории. Причем, с развитием дня (с ростом интенсивности солнечной активности) изменяется и уровень запыленности приземной атмосферы.

Учитывая, что объектом исследования является Алагиро-Садонская горнопромышленная агломерация и его воздушный бассейн, то можно констатировать следующее: воздушное пространство Алагирского ущелья можно считать аэродинамической трубой, в которой воздушные массы преимущественно дуют днем вверх в горы, а ночью, наоборот, опускаются из вершин на равнинную зону.

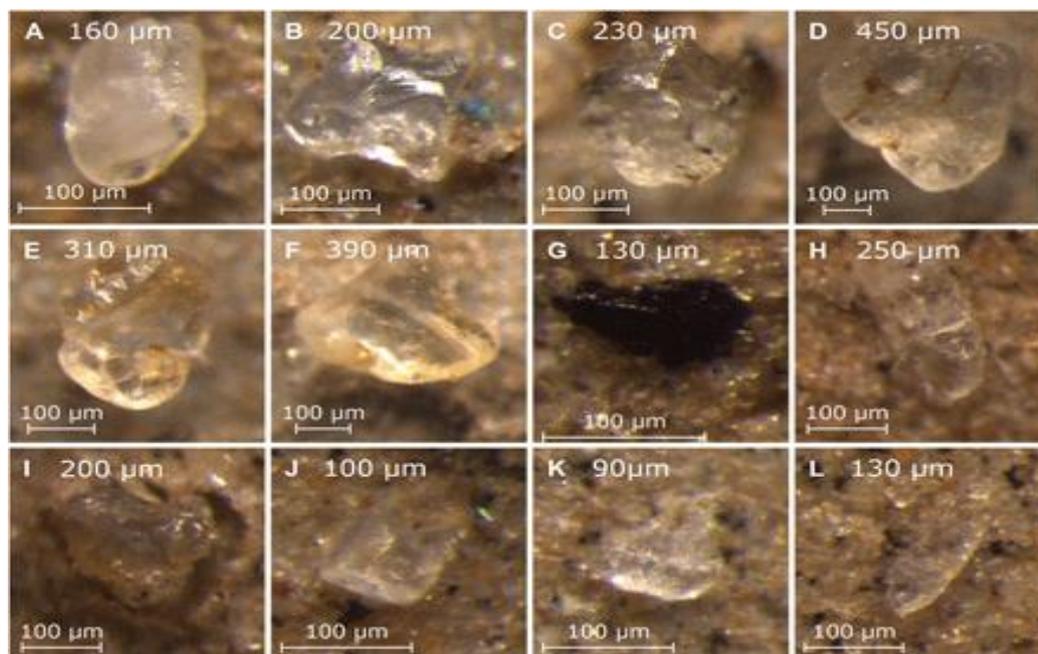


Рисунок 3.3. - Частицы минеральной пыли, отобранные пробоотборниками, с их приблизительными диаметрами (из отработки)

Существование представленного подхода указывает на то, что выражением нормальной экологической нагрузки, оказываемой в отношении воздушного бассейна, выступает объем того атмосферного воздуха, который на протяжении года участвует при разбавлении вредных веществ и их переносе.

Выполнить ориентировочный расчет такого объема можно исходя из той скорости, которая в среднем по году, свойственна ветру, а также из показателя площади поперечного сечения S воздушного бассейна Алагирского ущелья (треугольный) перпендикулярно преобладающему направлению ветров.

По данным натурных исследований, проведенных проф. И.Д. Алборовым в 1972-1974 гг. средняя скорость движения ветра в дневное время с 8 утра до 18 часов колеблется в пределах 2.8 – 4.5 м/с, при средней скорости по данным проектирующих организаций – 2.5 м/с.

По вертикали высоту воздушного бассейна Алагирского ущелья, в котором происходят изменения под действием горных предприятий принимаем равным 200 м (по многократным наблюдениям автора), что соответствует высоте этого треугольника.

Таким образом, площадь поперечного сечения S воздушной среды бассейна Алагирского ущелья определяется [12]:

$$S = (0,5 \times 0,2) \frac{1}{2} = 0,05 \text{ км}^2 ,$$

а объем атмосферного воздуха V , проходящего в течение года через сечение Алагирского ущелья, составит [12]:

$$V = 2,8 \text{ м/с} \times 0,5 \cdot 10^3 \times 24 \times 365 = 1,23 \cdot 10^8 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Минеральные частицы пыли испытывают воздействие силы тяжести, в результате чего постепенно оседают, приближаются к земной поверхности. В результате они удаляются из приземной атмосферы за счет гравитационного осаждения, турбулентного сухого осаждения и влажного вымывания дождем.

Интенсивность выпадения пыли из приземной атмосферы определялась по следующей формуле:

$$D = \frac{W}{A} (mg/m^2/30) \quad (3.8)$$

где: W - масса собранной пыли; A - площадь используемого контейнера.

Для исследования запыленности участков в которых отсутствуют источники пылевыделения был применен метод планирования эксперимента на

2-х промплощадках горных объектов Садонского свинцово-цинкового комбината (СЦК) и в соцгородках Архон и Мизур.

Запыленность приземной атмосферы определяли в дискретном режиме с шагом 2 часа с 8 часов утра до 18 часов вечера весовым методом на фильтрах АФА-В-18.

Чтобы определить скорость, с которой оседают взвешенные частицы, а также длительность времени такого процесса, необходимо иметь сведения о: среднем размере частиц, плотности минеральной пыли, высоты их выброса.

Обработка данных по собранной минеральной пыли и полученных данных методом математической статистики позволила автору выявить выраженную корреляционную зависимость между запыленностью приземного воздуха и высотой от уровня штольни:

$$g = g_0 l^{-0,0120H}, \quad (3.9)$$

где: g, g_0 - соответственно, запыленность приземного воздуха на высоте и у устья шт. № 22, мг/м³;

H - высота отбора пробы над устьем шт., м;

l - основание натурального логарифма.

На рисунке 3.4. приведены зависимости распределения запыленности приземной атмосферы в течение светового дня.

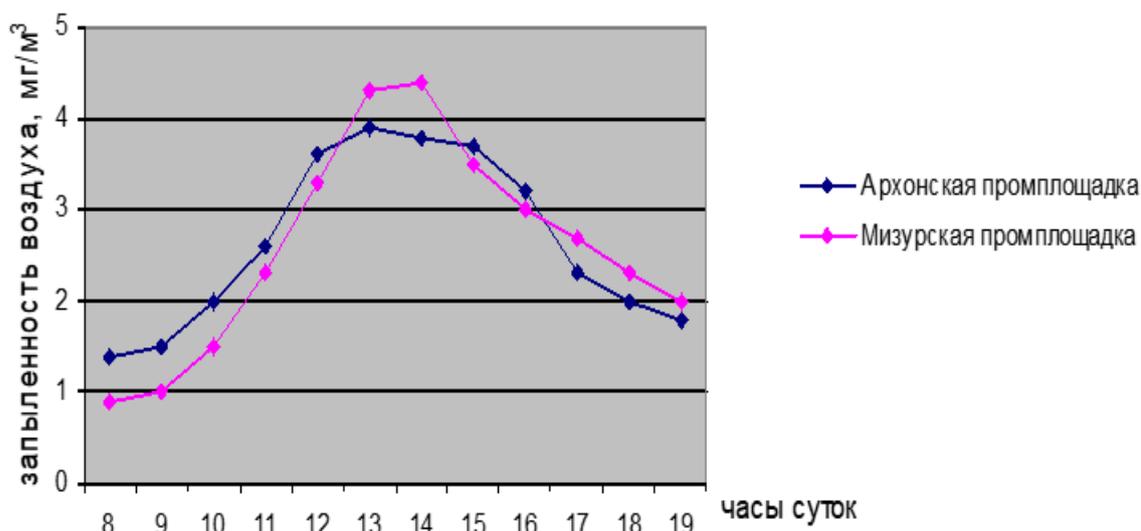


Рисунок 3.4. - Динамика изменения запыленности воздуха на промплощадках

Архона и Мизура Садонского СЦК [12]

В ходе исследований было установлено, что процессы образования и последующего переноса минеральной пыли в приземной атмосфере, прежде всего зависят основных от физико-механических характеристик, сочетания метеорологических (в том числе – розы ветров) и рельефных факторов, а также от некоторых электрокинетических показателей.

Значение коэффициента скорости осаждения частиц выделяемой минеральной пыли, горнопромышленными источниками определяется, как численное соотношение между значением скорости осаждения частиц определенного размера и критической величиной скорости ветра. Определение количественного показателя скорости, с которой происходит осаждение пылевых частиц, выполняется по формуле Стока. Такой закон предполагает наличие зависимости между скоростью оседания частиц, показателя их плотности и диаметра. Кроме того, на результат влияют свойства, характеризующие приземную атмосферу.

Было установлено, что значение скорости осаждения горно-промышленной минеральной пыли варьировалась в зависимости от сезона времени года (причём в весенние месяцы наблюдались самые высокие её уровни и частота). Влажность приземной атмосферы имела при этом отрицательную корреляцию с выпадением минеральной пыли, тогда как скорость ветра на выбранных участках показала положительную корреляцию.

Также было установлено, что наличие электрического заряда увеличивает выброс минеральной пыли из горно-промышленных источников до 10 раз. При этом, первоначальный заряд, возникающий при образовании минеральной пыли, теряется в течение нескольких часов. Однако, необходимо отметить, что электрический заряд пылевых минеральных частиц также генерируется и во время их атмосферной транспортировки. Наиболее вероятная причина этого заключается в том, что пылевые минеральные частицы в результате столкновений между собой более или менее непрерывно заряжаются (этот процесс называется трибоэлектрификацией). При чем, этот эффект усиливается в слое атмосферы, который характеризуется как довольно высокой

концентрацией пыли, так и сильной турбулентностью. Поэтому еще одним определяющим фактором является снижение значения электропроводности приземного воздуха, возникающего за счет удаления кластерных ионов, что позволяет дольше поддерживать элементарный заряд пылевых частиц.

Поэтому, при исследованиях пылевого загрязнения от горно-промышленных источников необходимо учитывать существующие электрические характеристики приземной атмосферы (см. табл. 3.3.), также определяющим образом влияющих на распространение минеральной пыли. При этом необходимо учитывать то, что геоэлектрическое поле всегда направлено вертикально к земной поверхности.

Таблица 3.3. - Измеряемые характеристики земной атмосферы [122]

| Элемент атмосферы | Ед. изм. | Обозначение | U, см ² / (В·с) | D, нм | Измеритель | Поставщик |
|--------------------|-----------------|-------------------|----------------------------|-------------------|---|-----------|
| Легкие ионы | фСм/м | n- | 0.35-5.0 | 1.9-0.5 | Счетчик ионов УТ-8401 (4 шт.) | Эстония |
| | | n- n+ | 0.9-3.2 | 1.6-0.6 | Спектрометр АЛСИ-1 | Россия |
| | | C- C ₊ | 2-00 | | Измеритель электрической проводимости воздуха | Финляндия |
| Средние ионы | | m. | 0.035-0.35 | 7.4-1.9 | Счетчик аэроионов УТ-8401 | Эстония |
| | | M- M ₊ | 0.12-0.9 | 3.5-1.6 | Спектрометр ионов АЛСИ-1 | Россия |
| Тяжелые ионы | | N- | 0.005-0.035 | 20-7.4 | Счетчик ионов УТ-8401 | Эстония |
| Электрическое поле | В/м | E | 20-1000 | | Измеритель напряженности ИНЭП | Россия |
| Аэрозоль | см ³ | N | 0.25-2.5×10 ⁻⁵ | 3-500 | Спектрометр DMPS | Финляндия |
| | | N | | 5-10 ³ | Электрический анализатор типа ДАЭС-3 | Россия |

| | | | | | | |
|--|--|-------|--|---------------------|-------------------------------------|--------|
| | | N_a | | 500-10 ⁴ | Счетчик РС-218. фирма "Rousco Inc." | Россия |
|--|--|-------|--|---------------------|-------------------------------------|--------|

Примечание. n, y, m . M . HN – соответственно счетные концентрации легких, средних и тяжелых ионов разного знака заряда; N и N_a – счетные концентрации аэрозольных частиц; C – полярные электропроводности воздуха; E – напряженность вертикального электрического поля у поверхности земли.

Многие исследования [64] показали, что атмосферное электричество довольно сильно влияет на динамику взвешенных минеральных частиц, при этом вертикальная электрическая сила может потенциально компенсировать вес пылевой минеральной частицы. Значительное влияние на продолжительность времени нахождения частиц пыли в воздухе и процесс их осаждения оказывают их электрические свойства. Так, при разноименном заряде минеральные геопыли притягиваются друг к другу, укрупняются и быстро оседают. При одинаковом заряде они, отталкиваясь одна от другой, могут достаточно долго находиться во взвешенном состоянии.

Таким образом, будет ли электрическое поле способствовать осаждению или рассеиванию в приземной атмосфере пылевой минеральной частицы в виде взвеси, зависит от ее относительной полярности и атмосферного электрического поля ($E = -10^2 \text{ В} \cdot \text{м}^{-1}$). Направленное вниз электрическое поле, всегда присутствующее в солнечную погоду, будет способствовать осаждению положительно заряженных пылевых минеральных частиц, но направление такого поля может измениться на противоположное в дождливую погоду или во время событий сальтации, и тогда возможен вектор, направленный вверх.

Было обнаружено несколько типов пыли с различной морфологией (см. рисунок 3.5).

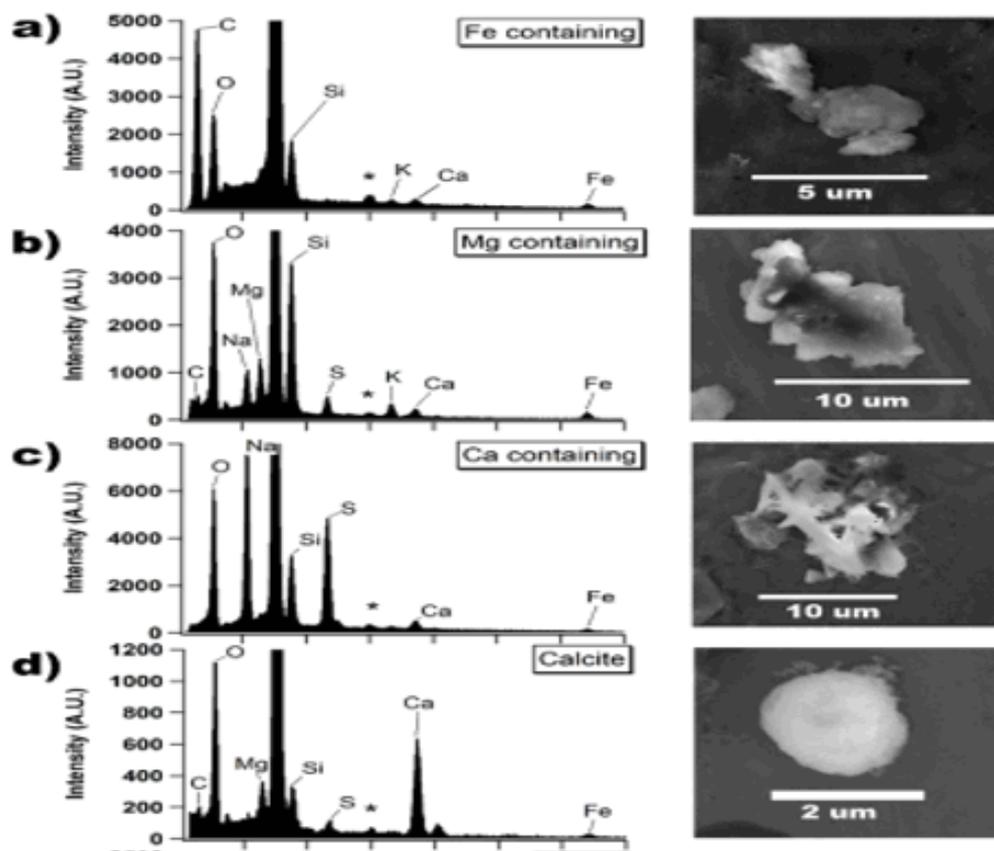


Рисунок 3.5. - СЭМ-изображения и соответствующие EDX-спектры для основных типов частиц минеральной пыли [145]:

(а) обогащенные железом, (б) магнием, (в) кальцием, (г) кальцитом и (д) кварцем. Было определено, что осуществляемые ТЭС выбросы имеют форму сульфидов. В процессе исследования удалось установить наличие галенита и ковеллина, представляющих собой минералы. Соответствующая информация представлена на рис. 3.6.

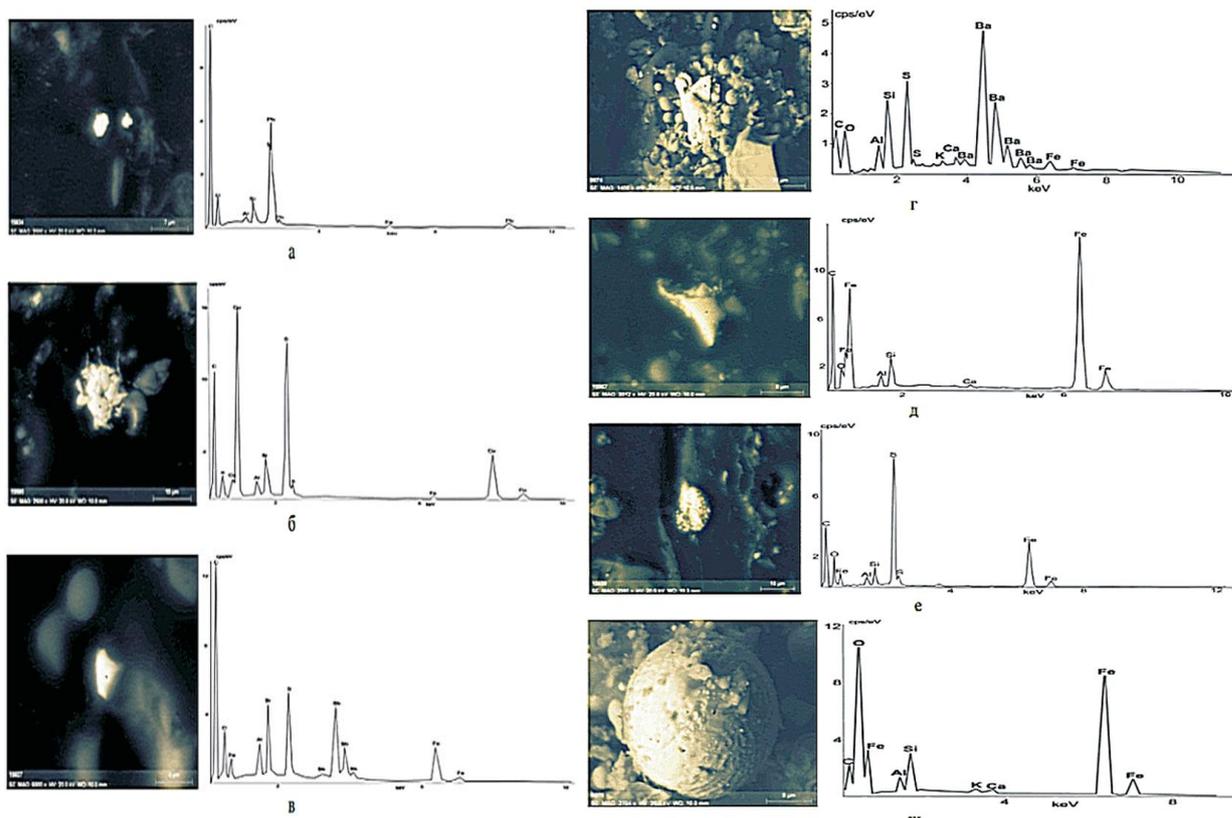


Рисунок 3.6. - Электронно-микроскопические фотографии проб снега из зоны воздействия ТЭС [137]:

а – галенит; б – ковеллин; в – антимонит; г – барит; д – пирит; е – металлическое железо; ж – микросферула с окислами железа; показан её энергодисперсионный спектр каждой частицы с пиками, соответствующими *C*, *Si*, *Al* и *O*

3.5. Исследование наночастиц горнопромышленной пыли

Всевозможное разнообразие минеральных наночастиц природного и техногенного характера весьма широко распространено в атмосфере, океанах, грунтовых и поверхностных водах, почвах, а также в большинстве живых организмов, и даже в белках (таких, как ферритин). В общем виде, наночастицы могут поступать в биосферу из различных источников, где достаточно важная роль отводится горной промышленности (см. табл. 3.4.), в виде суспензий, коллоидов или дисперсных аэрозолей (в зависимости от их физико-химических и электромагнитных свойств).

Таблица 3.4. - Источники поступления наночастиц в окружающую среду [85]

| Антропогенные | | Природные |
|---|---|--|
| Намеренные | Ненамеренные | |
| Сконструированные нанообъекты | Сжигание топлива в двигателях, на энергостанциях и т.д. | Кластеризация в газах и образование аэрозолей |
| Лекарства «точного» действия | Бытовые отходы | Вирусы |
| Нанопленки, мицеллы, колоиды | Промышленное производство, строительство | Продукты жизнедеятельности (плёнки, коллоиды и т.д.) |
| Применение нанообъектов в быту | Приготовление пищи и другие бытовые нужды | Биообъекты (пыльца растений, споры, бактерии и т.д.) |
| Нанотрубки | Сварка, пайка | Вулканические выбросы |
| Фуллерены | Сжигание мусора | Лесные пожары |
| Неорганические нанокристаллы, квантовые точки | Добыча полезных ископаемых, карьеры, шахты | Пыль поднятая с поверхности, взмучивание вод |

В табл. 3.5. представлен фракционный состав выбросов пыли на предприятиях черной металлургии.

Таблица 3.5. - Характеристики гранулометрического состава пыли технологической операции на металлургических предприятиях [137]

| Техническая эксплуатация | Массовая доля частиц, % | | | Средняя частица размер, мкм |
|---------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|
| | Меньше, чем 2,5 мкм | Меньше, чем 10 мкм | Больше, чем 10 мкм | |
| Врезка чугуна | 78.53 | 84.34 | 15.66 | 1.00 |
| Обжарка извести | 6.06 | 40.98 | 62.67 | 10.00 |
| Разбуривание штанг | 0.37 | 11.06 | 88.94 | 90.00 |
| Обдув чугуна в конвертере | 1.22 | 10.79 | 89.21 | 8.50 |
| Плавка феррованадия | 4.71 | 26.95 | 73.05 | 20.00 |

Продолжение – Таблица 3.5.

| Техническая эксплуатация | Массовая доля частиц, % | | | Средняя частица размер, мкм |
|---|-------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|
| | Меньше, чем 2,5 мкм | Меньше, чем 10 мкм | Больше, чем 10 мкм | |
| Формование смесей в формовочном смесителе | 1.65 | 13.67 | 86.33 | 20.00 |
| Производство стали в электропечи | 16.71 | 38.22 | 61.78 | 20.00 |
| Пакетное смешивание | 11.40 | 31.14 | 68.16 | 30.00 |
| Зарядное отверстие нагрузки | 5.40 | 24.77 | 74.59 | 40.00 |
| Пружинная очистка СМИ | 35.51 | 47.91 | 52.09 | 10.00 |
| Однокомпонентная отягощающая нагрузка | 0 | 9.19 | 90.81 | 80.00 |
| Прокатное сырьё на прокатном стане 370 | 12.06 | 26.87 | 72.15 | 40.00 |
| Горячее прессование | 1.32 | 18.01 | 81.99 | 80.00 |
| Обработка агломератов | 5.24 | 15.41 | 82.33 | 20.00 |
| Перевалка (местный агломерат) | 4.07 | 25.57 | 74.43 | 20.00 |
| Пескоструйная очистка | 11.36 | 50.58 | 49.42 | 40.00 |
| Стальной валок | 12.79 | 29.44 | 70.5 | 20.00 |
| Агломерация | 2.93 | 8.43 | 90.59 | 200.00 |
| Прокатное сырьё на прокатном стане 550 | 0 | 8.58 | 91.42 | 90.00 |
| Отвод шлака | 17.56 | 53.91 | 46.12 | 8.50 |
| Загрузка плавильного шлака | 44.46 | 55.52 | 42.58 | 4.00 |

Добыча полезных ископаемых является одним из наиболее распространенных источников выбросов летучей минеральной пыли, размером менее 1 мкм. По результатам гранулометрического анализа выбросов горных

предприятий рассчитывалась массовая концентрация нанодисперсий частиц пыли (см. рисунок 3.7).

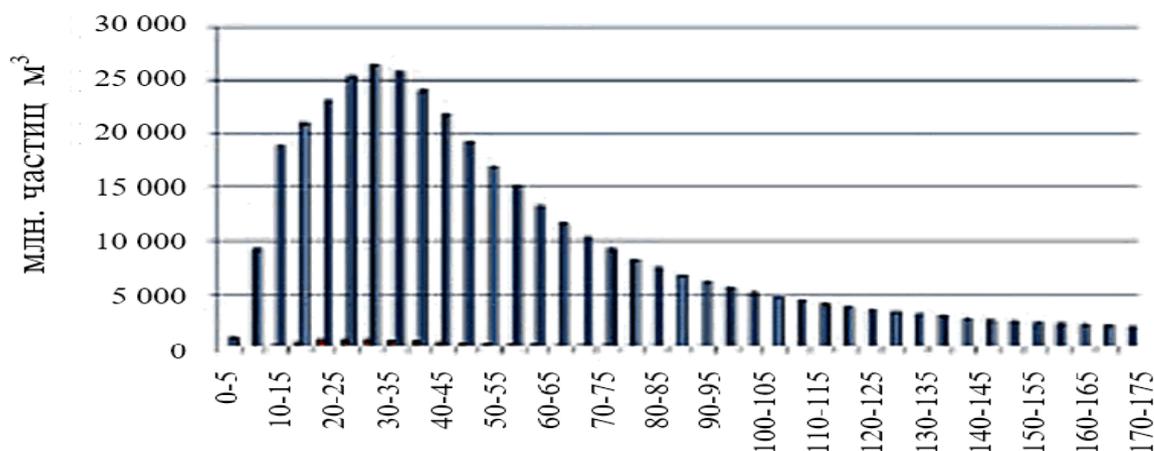


Рисунок 3.7. - Диапазон микро- и наночастиц в приземной атмосфере горного предприятия

Также было установлено, что массовая доля образования высокодисперсных (размером порядка 1 мк) частиц пыли на горных предприятиях, как правило, их количественное соотношение зависит от условий разрушения горного массива.

Геометрическую форму наночастиц пыли (см. рисунок 3.8) определяли посредством электронного микроскопа сканирующего на высоком разрешении (диапазон увеличения 5 – 300000X; ускоряющее напряжение – 0.3 – 30 кВ) с рентгенофлуоресцентной приставкой S3400N HITACHI (диапазон обнаружения - 10-5 масс. %, минимальная площадь анализа - 100 мкм).

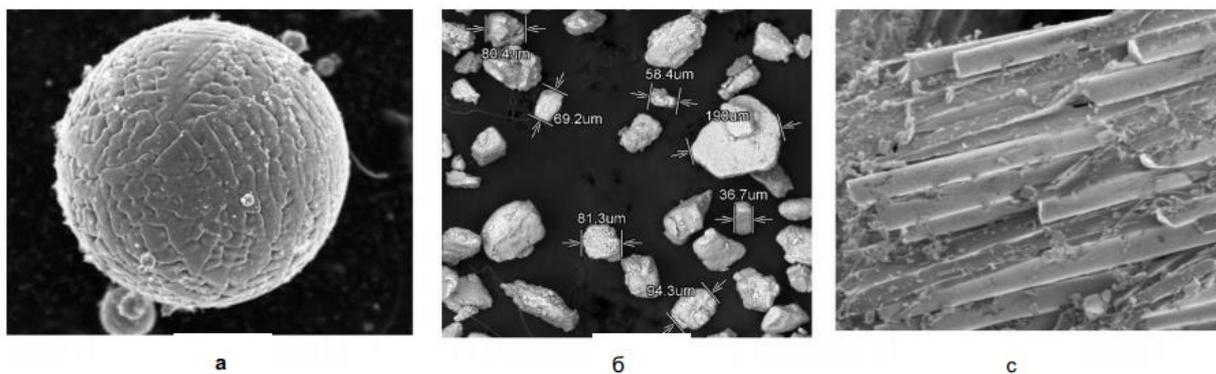


Рисунок 3.8 - Форма наночастиц пыли [135]:

а – шаровидная; б – комбинированная; в – удлиненная

Распределение наночастиц по размерам, формам, а также морфология и топология их поверхности были исследованы с помощью просвечивающей электронной микроскопии, на основе ПЭМ и SEM-изображений (см. рисунок 3.9.).

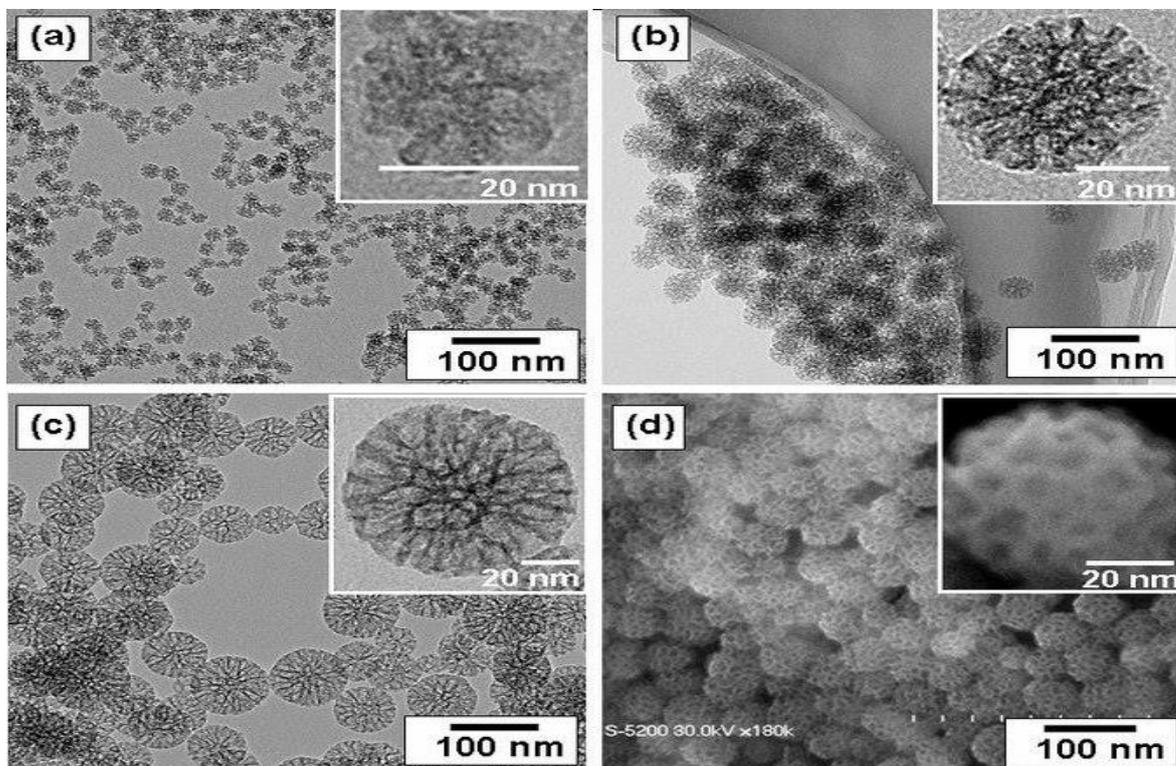


Рисунок 3.9. - ПЭМ-изображения мезопористых наночастиц SiO_2 кремния, со средним внешним диаметром (фото Nandiyanto, 2019):

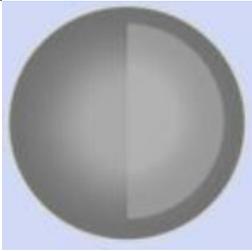
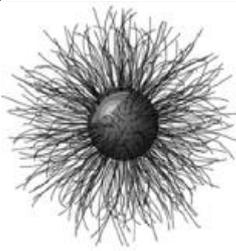
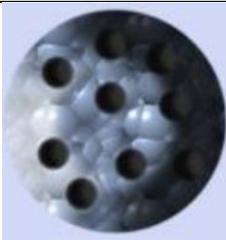
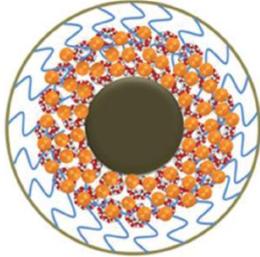
(a) 20 нм, (b) 45 нм; и (c) 80 нм. SEM-изображение (d), соответствующее (b)

Вставки представляют собой большое увеличение мезопористых частиц кремнезема. Удельная поверхность и адсорбционная способность пылевых наночастиц значительно увеличиваются с уменьшением их размера.

По геометрической форме различают несколько типов минеральных наночастиц (см. табл. 3.6.): волокна или цепочки (протяженные только в одном направлении), пластинки (с одним размером, гораздо меньшим, чем два других), изометрические (с приблизительно одинаковыми размерами в 3-х возможных направлениях), сферулы, глобулы или сферы, спиральки и пружинки.

Отдельного внимания заслуживают фрактальные агрегаты. Их образование происходит тогда, когда дымовые и минеральные частицы, в которые представляются ледяные кристаллы, нуклеируются и коагулируются.

Таблица 3.6. - Разнообразие форм минеральных наночастиц

| № | Наименование наночастиц | Геометрическая форма | № | Наименование наночастиц | Геометрическая форма |
|---|-------------------------------------|---|---|-------------------------|---|
| 1 | Слоистые сферулы, глобулы или сферы |  | 4 | Проволочные сферы |  |
| 2 | Пористые силикаты |  | 5 | Многогранники |  |
| 3 | Магнитные наночастицы |  | 6 | Торы |  |

Кроме того, исследованием было установлено, что наночастицы кремнезема могут принимать разные формы, и их взаимодействие с водой изменяется на границе раздела фаз (см. рисунок 3.10.) еще в атмосферных условиях нахождения. Здесь решающим фактором является адсорбция воды из окружающей атмосферы.

При этом вода, ограниченная твердыми стенками (в пространствах размером менее нескольких нанометров) проявляет принципиально новые эффекты (включая делокализацию и квантовую когерентность). Эти

поверхностные свойства разительно отличаются от свойств объемной воды и влияют на ее физическое и химическое поведение.

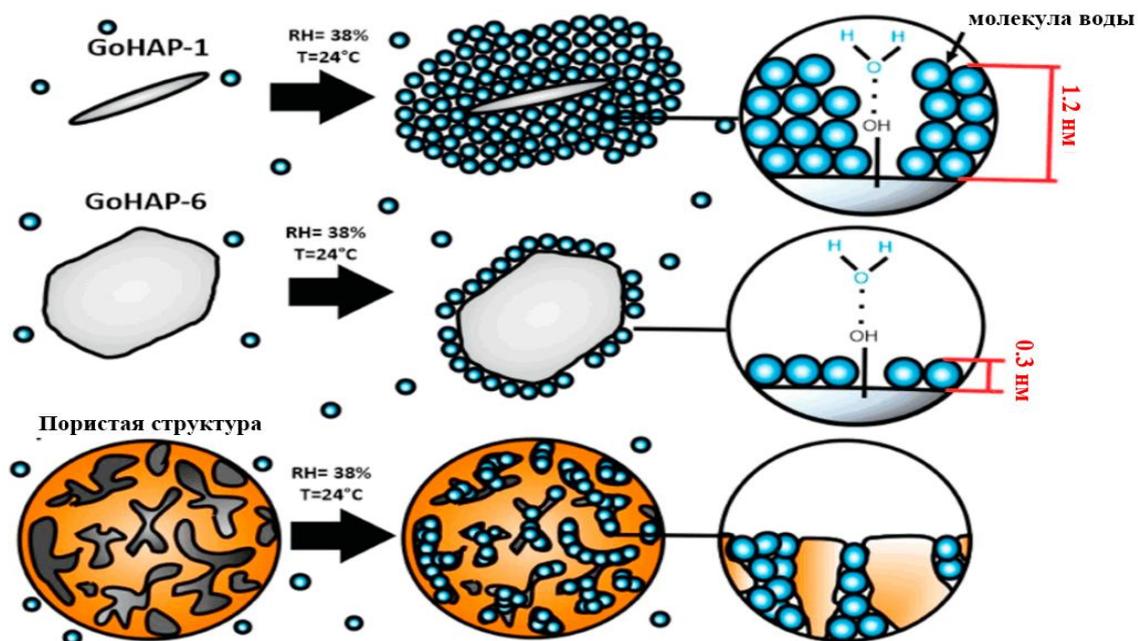


Рисунок 3.10. - Концентрация влаги пористыми наночастицами кремнезема

Кроме наночастиц SiO_2 , исследованиям подвергались наночастицы ферригидрата ($Fe_2O_3 \cdot 2FeOOH \cdot 2.5H_2O$), которые обладают кристаллической структурой, с размерами ячеек $a = \sim 5,95 \text{ \AA}$ и имеют, как правило, округлую форму (см. рисунок 3.11.), с диаметром менее 10 нм, а также и оксида железа (см. рисунок 3.12.), диаметром от 5 до 20 нм. Было установлено, что на атомную структуру нанокристаллитов ферригидрата подобно наночастицам сфалерита, также влияет поверхностная релаксация, приводящая к увеличению внутреннего беспорядка и определенной деформации.

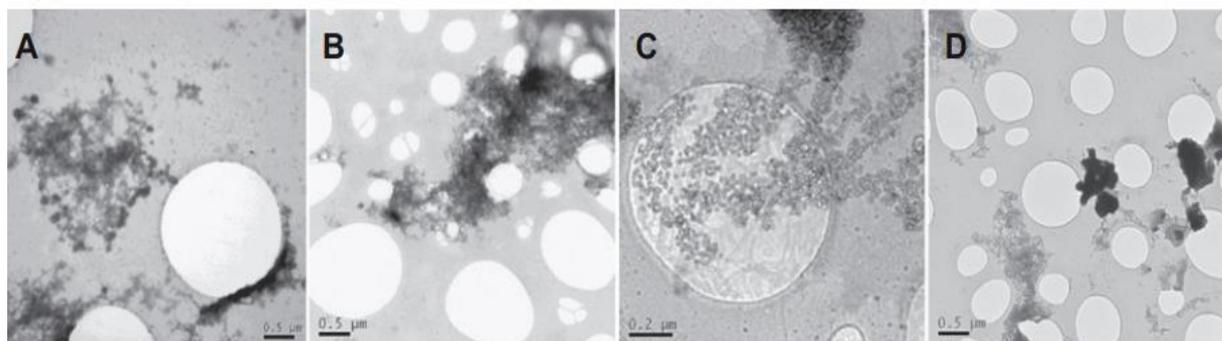


Рисунок 3.11. - Микрографии наночастиц ферригидрата

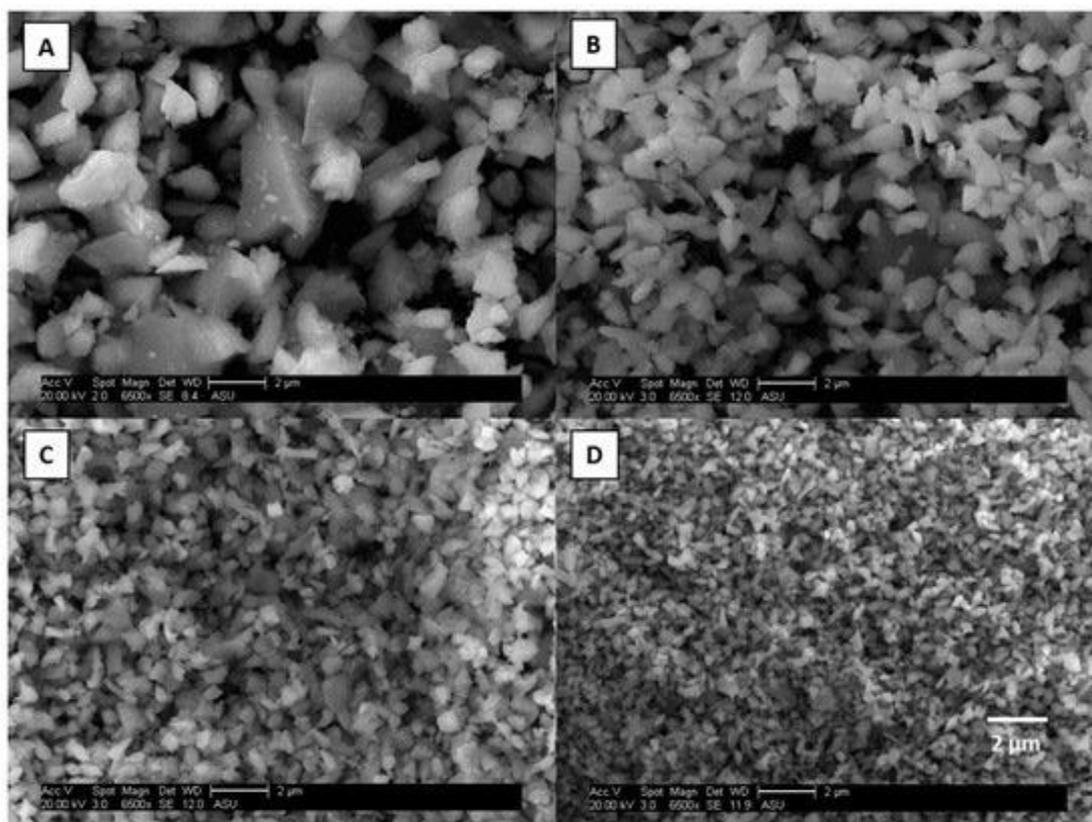


Рисунок 3.12. - SEM-изображения частиц магнетита:
(A) 10– 2.5, (B) 2.5– 1.0, (C) 1.0– 0.5, (D) 0.5– 0.25 мкм

В ходе наблюдения было установлено, что в минеральных наночастицах заметно нарушается даже их внутренняя структура. Так, используя комбинацию расширенной тонкой структуры поглощения рентгеновских лучей, широкоугольного рентгеновского рассеяния и анализа парного распределения, было обнаружено, что атомная структура наночастиц сфалерита (ZnS) диаметром 34 нм заметно отличается от таковой у объемного сфалерита.

Более детально структуру наночастиц ZnS (см. рисунок 3.13.) изучали методом рентгеновской дифракции с излучением $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$. В ходе исследований было установлено, что наночастицы такой пыли обычно состоят из 3-х слоев: поверхностного слоя, слоя оболочки и ядра. При этом образцы пылевых наночастиц ZnS , со средним диаметром 3.2– 3.6 нм обладают значительным внутренним беспорядком.

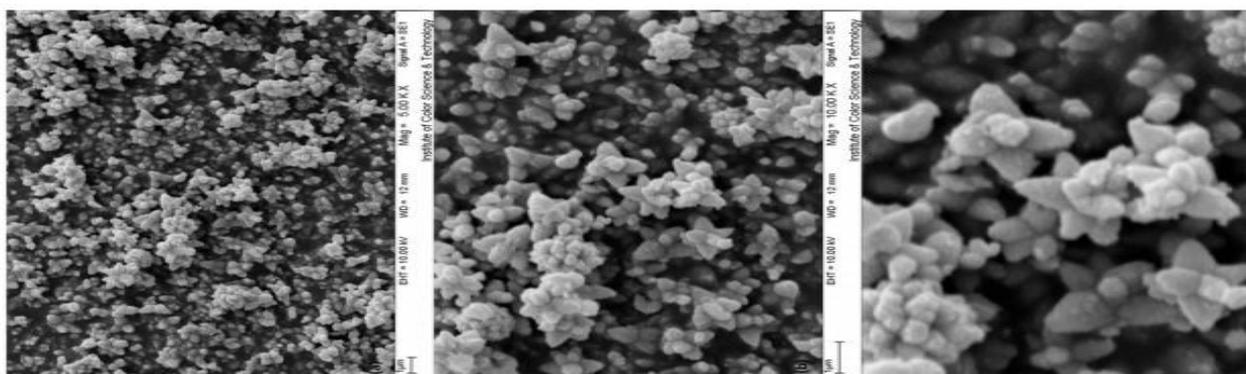


Рисунок 3.13. - СЭМ-изображения наночастиц ZnS [137]

Размер кристаллитов наночастиц рассчитывали по уширению рентгеновских линий с использованием уравнения Дебая – Шеррера:

$$D = 0,9\lambda / \beta \cos\theta \quad (3.10)$$

где: λ - длина волны рентгеновского излучения (излучение 1,54 Å);

θ - угол дифракции Брэгга;

β - ширина на полувысоте пика XRD, появляющегося при угле дифракции 2θ

3.6. Факторы, определяющие распространение пылевого загрязнения

Проведение анализа, объектом которого стала экосфера, позволило определить реальное состояние во время эксплуатации рудных месторождений. В ходе оценивающих исследований было установлено, что природная среда находится в состоянии длительной деградации и устойчивого загрязнения. Подобные показатели отмечаются не только в тех местах, где добыча ресурсов осуществляется, но и вне пределов этих мест. Как результат, проблеме характерно предание широкого масштаба, а ее разрешение должно быть незамедлительным.

Уже определено, что карьер «Мукуланский», разработка которого ведется Тырнаузским вольфрам-молибденовым комбинатом, имеет негативное воздействие на природу, что отмечается в радиусе 30-50 км.

Предприятие осуществляет различного рода выбросы, из-за чего

примыкающая территория и весь регион, прямо или косвенно страдают. Наиболее проблемным является вопрос загрязнения почв, в которые проникают геоматериалы, представленные в виде мобильных частиц. Их попадание на поверхность происходит в результате движения транспорта, пыления, выветривания. Соотношение значений представлено на рис. 3.14.

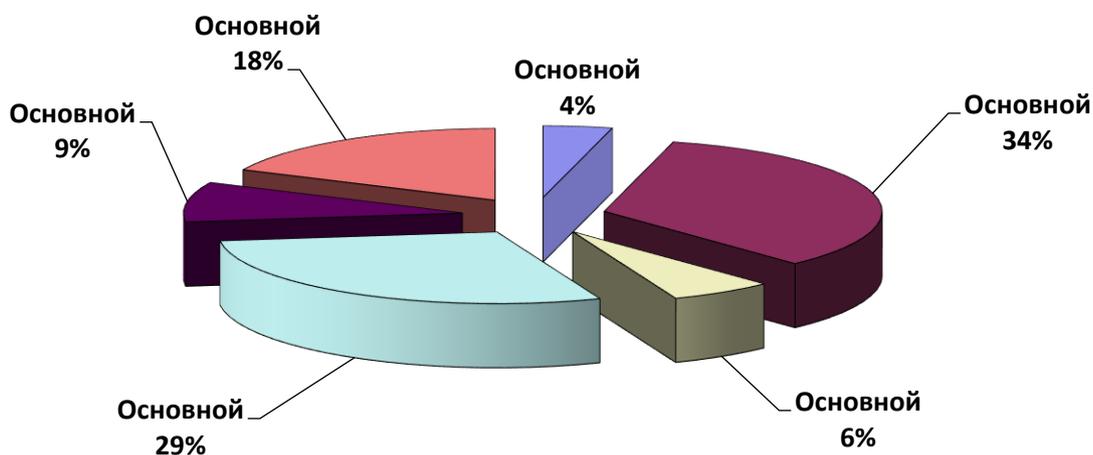


Рисунок 3.14. – Количественное соотношение значений пылевого загрязнения на карьерах Северного Кавказа, происходящее от производственных процессов:

1 – бурение взрывных скважин; 2 – осуществление массового взрыва; 3 – произвольной экскавации и погрузки горно-рудной массы; 4 – перевозка горно-рудной массы; 5 – обогащение руд; 6 – ветровое пыление поверхностей (уступов и откосов карьера, отвалов и хвостохранилищ и др.)

Вертикальная зональность характерна горным экосистемам. Этот факт является известным широкому обществу. Нивальный пояс и различные климатические зоны свойственны им.

Существование представленных условий выступает основой возникновения конфликта с тем предназначением, которое в действительности отводится горам. Так, они являются объектом рекреации. Проведение открытой разработки в горах и предгорных регионах, характеризуется набором особенностей. В первую очередь, отмечается высокая сложность формирования коммуникаций, позволяющих использовать транспортные средства. Кроме того, здесь не удобно размещать строения, отвалы, хвостохранилища. Также, подобные места

характеризуются высокой сложностью для выполнения человеческого труда. К числу опасных показателей стоит отнести высокую вероятность возникновения селей и лавин. В то же время, силы гравитации могут быть широко использованы в то время, когда требуется доставка к подножьям горы полезных ископаемых, что были добыты.

3.7. Оценка последствий воздействия добычи геоматериалов на геоэкологию прилегающего региона

Масштабные и долговременные геологические, горнодобывающие и металлургические работы не могли пройти для окружающей среды Северо - Кавказского региона бесследно. Сегодня прослеживается недостаток политики, соблюдение которой должно сопровождать добычу минералов нерудного характера, с использованием открытого способа. Как результат, происходит возникновение небольших карьеров, в которых ведется добыча промстройматериалов. Представленное положение влечет за собой нарушение экологических показателей в регионах. К примеру, на территории РСО-Алания в 1999 г. число карьеров, которые действовали, достигало 60 шт.

Деятельность карьеров, в которых добывается сырье, носит техногенный характер, воздействующий на местность и ее рельеф. Ее результатом выступает пылевое загрязнение воздушного бассейна.

Так, кроме ореолов, связанных с естественным разрушением и растворением рудных тел образовались зоны техногенного загрязнения почв, аллювиальных отложений, поверхностных и подземных вод, на территориях прилежащих к рудникам, обогатительным фабрикам, хвостохранилищу, так и металлургическим комбинатам. Это результат всех этапов разведки, добычи, транспортировки, обогащения руд, ветрового переноса с пляжей хвостохранилища, сброса шламов Мизурской обогатительной фабрики (особенно активно до 1984 г.), складирования некондиционных руд и отвалов и

т.д.. В результате, по некоторым оценкам, площадь загрязнения почв с опасными уровнями содержания химических элементов достигла 40 км². Однако, представляется, что это весьма оптимистичная оценка и она включает только собственно территорию самих горнопромышленных объектов: рудников, отвалов, некондиционных руд, обогатительных фабрик и хвостохранилищ, а также зону, прилежащую к путям транспортировки руды и концентрата различными способами.

На самом деле горнопромышленное загрязнение значительно масштабнее и это было зафиксировано еще в конце 80-х годов XX в. по результатам осуществления региональных ландшафтно-геохимических исследований нагорной части Северного Кавказа. Их задачей было равномерное сопряженное опробование горных пород, почв и основных видов растительности, с плотностью одна точка опробования на 20-25 км². Эти работы носили характер фоновых геохимических исследований и опробование проводилось без привязки к рудным объектам, и, даже, по возможности, в стороне от них. И, тем не менее, общая площадь почвенно-геохимических аномальных участков, связанных с добычей полезных ископаемых составила не менее 200 км², а с металлургическим комплексом – 250 км².

В пользу факта масштабного загрязнения говорит не только большая площадь аномалий, выявленных по принятой в поисковой геохимии технологии, с учетом ландшафтно-геохимического строения исследуемой территории, но и следующее обстоятельство. Формально, структура геохимического поля достаточно типичная. Точечные контрастные аномалии в горных породах, объединяются большими по площади и количеству проб почвенными аномалиями, характеризующихся разнообразными, но менее экстремальными концентрациями более широкого круга химических элементов. Еще большую площадь занимают биогеохимические аномалии микроэлементов. То есть почвенно-геохимические аномалии поглощают и перекрывают

литохимические, а биохимические поглощают почвенно-геохимические аномалии.

Но необходимо оценивать существующую иерархию и масштабы рассматриваемых объектов. Даже самые крупные современные месторождения полезных ископаемых проявляются на земной поверхности пятнами от нескольких до нескольких десятков квадратных километров и, естественно, биохимические аномалии по площади в несколько раз больше литохимических. Но здесь существуют биохимические аномалии профильных элементов площадью до тысячи квадратных километров и их граница смещена восточнее металлургических заводов города Владикавказа, на Ингушетию и Чечню, хотя сами месторождения находятся на 50-60 км западнее и южнее (см. рисунок 3.15.).

Поэтому их почвенно-геохимические аномалии не сливаются, а вот биохимические представляют собой единое целое: как структурно, так и геохимически и выходят далеко за пределы полиметаллической металлогенической провинции. Причем, эти аномалии переходят из лесной зоны в луговостепную, а по опробуемой растительности - от граба, дуба и сосны к манжетке и достигают высотных отметок 2000 м.

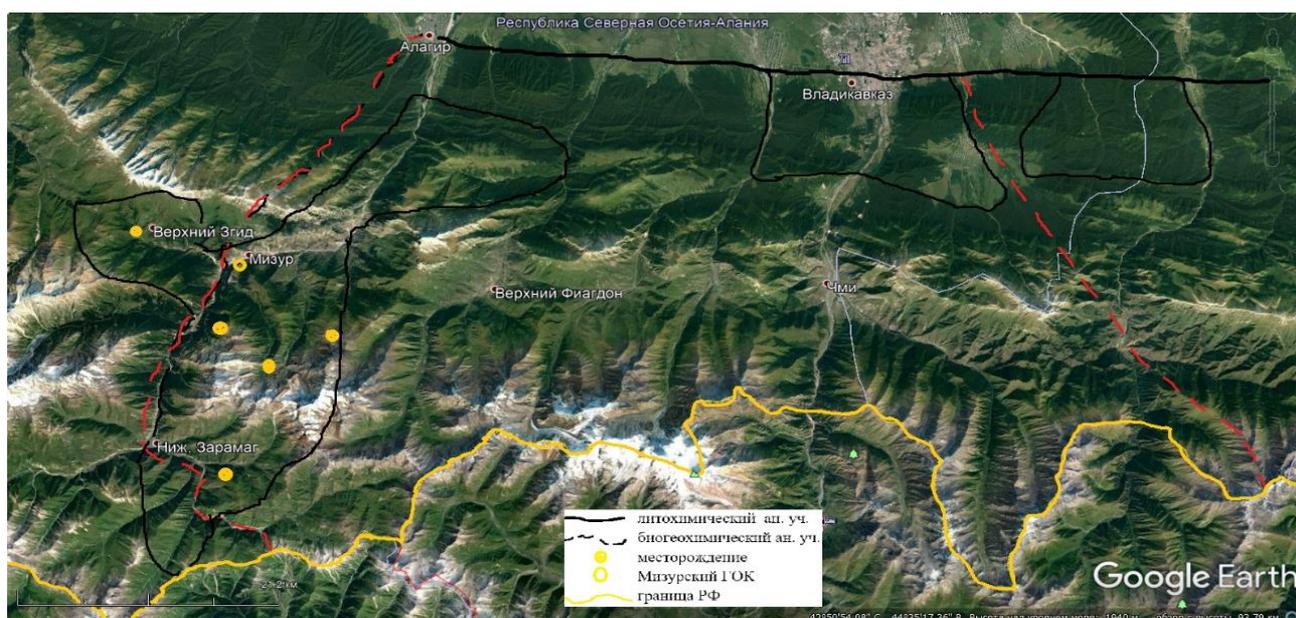


Рисунок 3.15. - Ареал рассеивания химических элементов от Садонского рудника

Обращает внимание морфология и структура выделенных техногенных аномалий. Так, в зоне добычи и обогащения полиметаллов их аномалии покрывают не только сами объекты, но и всю долину р. Ардон в горной части. Субмеридиональные почвенные аномалии цинка, меди, серебра, свинца и молибдена сменяют друг друга, частично перекрываясь и образуют непрерывный аномальный участок, расширяясь за счет месторождений полезных ископаемых в лево- и правобережье в зоне североюрской депрессии.

Зональная структура техногенных геохимических ореолов рассеяния свойственна для тех районов, где расположены горнопромышленные комплексы. Здесь пылевое загрязнение характеризуется геохимическими закономерностями. Их основной причиной выступают производственные процессы. Проведение процессов, связанных с добычей ископаемых в горах, сопровождается появлением *Zn* и *Pb*, а также *Mo*. Им сопутствуют *Cu*, *Fe*, *Ag*, *As* и др. Содержание представленных металлов отмечается в тех рудах, которые добываются в месторождениях молибденового и полиметаллического типа. Проведение дальнейшей переработки руд, которые были добыты, предполагает разрушение матриц минерального характера, что проявляется в захвате воздушными потоками загрязнений. Как результат, геохимические аномалии расширяют свое пространственное влияние.

Необходимо отметить, что аномальный участок загрязнения, расположенный южнее г. Владикавказа, по обоим берегам р. Терек, имеет изометричную площадь, и является более комплексным, включая те же химические элементы, а также вольфрам и кадмий. Ядерную часть этого аномального участка образует аномалия кадмия и всех остальных микроэлементов, примыкающая с юга к г. Владикавказу. Причем, кадмий в отобранных пробах имеет наиболее высокие концентрации на всем Северном Кавказе (включая и само месторождение).

Анализ всей собранной нами геохимической информации говорит в пользу аэрального механизма разноса загрязнения и формирования аномальных участков.

Во-первых, вдоль р. Ардон наблюдается разнос пыли (сравнительно крупных частиц), формируемой вследствие добычи, транспортировки и обогащения руды, долинными ветрами. Как результат, образовался линейно-ориентированный аномальный участок, расширяющийся в северо-юрской депрессии в зоне полиметаллических месторождений. Аналогичный, но более масштабный аномальный участок был обнаружен ранее в долине р. Баксан. Однако, там он был значительно шире и покрывал склоны с отметками более 3000 м, за счет большой высоты разрабатываемых месторождений (карьер Мукуланский, 3200 м) и многочисленных взрывных работ.

Во-вторых, аномалии южной г. Владикавказа не могут иметь другой генезис, кроме как аэральный разнос газопылевых выбросов металлургических комбинатов, что приводит к формированию аномального участка площадью в сотни км² и достижению высотных отметок загрязнением в 2000 м.

В-третьих, данный аномальный участок имеет ярко выраженную временную динамику, что было обнаружено нами при сравнении результатов предыдущих исследований.

В четвертых, это огромная площадь биогеохимических аномалий, в основном, формирующихся за счет аэральных выпадений и объединяющих оба литохимических аномальных участка со сходным набором микроэлементов (соответствующих типу оруденения и профилю металлургических заводов). Именно территория биогеохимических аномалий отражает реальную, хотя и на большей части территории, слабоконтрастную зону техногенного загрязнения.

3.8. Исследование загрязнения почв в районе влияния добычи геоматериалов

Процесс наблюдения позволил выявить увеличение аэральных потоков, связанных с тяжелыми металлами, в 7-8 раз, что отмечается в тех местах, где техногенное влияние является значимым. Наиболее высокие показатели свойственны халькофильным элементам, сочетание которых с гипергенезом

являются причиной сернокислотного техногенеза. Такими халькофильными элементами являются *Zn, Pb, Cu, As, Ag, Cd* и пр.

Для геоэкологической оценки изменений почв прилегающих территорий были проведены специальные исследования генезиса и эволюции микроэлементов почвенного горизонта. Выпадаемая из приземной атмосферы минеральная пыль в основном состоит из сульфидов *Zn, Pb* и *Cu*, оксидов (*SiO₂, Al₂O₃, FeO, Fe₂O₃, CaO* и др.) и карбонатов (*CaCO₃, MgCO₃*) руд и пород слагающих разрабатываемое месторождение.

Высокая опасность для экосреды представляется со стороны сульфидных фаз, характеризующихся большой интенсивностью окисления. При этом происходит высвобождение металлов и их последующая почвенная миграция.

Проведение мониторинговых исследований, которые возникают в тех местах, где природно-техническая система имеет высокое влияние. Их результат указывает на то, что не менее чем в 2 раза санитарные нормы, предусмотренные по содержанию в почве тяжелых металлов, превышены.

Исследование показало, что химический состав прилегающих к полиметаллическим рудникам почв находится под влиянием выбрасываемой пыли, причем наибольший эффект происходил непосредственно вблизи горных предприятий. Так, состоялось установление наличие свинца и цинка в предельном содержании. Эти элементы были обнаружены в верхних почвенных разрезах. Представленное свидетельствует о техногенном происхождении загрязнений. На рис. 3.16. отражены выводы о том, как распределяются указанные элементы.

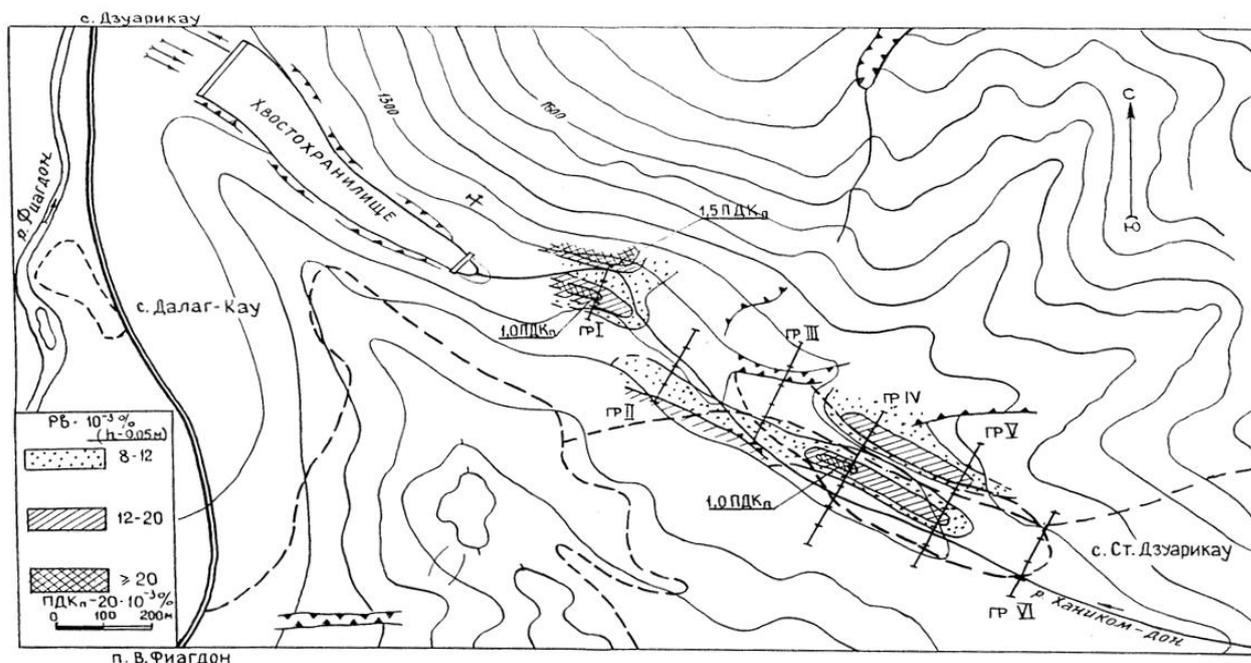


Рисунок 3.16. - Распределение свинца в поверхностном слое почв, район ст. Дзуарикау (по данным автора)

Предельное значение содержания большей части элементов, свойственных отвалам, связано с иллювиальным горизонтом почв. В процессе поглощения почв такой показатель может достигать 73 – 98 %.

При проведении фазового анализа, отмечается присутствие ряда соединений водорастворимого характера в почвах.

Проведение анализа, указывающего на то, в какой мере загрязнена литосфера, отражено в качестве результатов в таблице 3.7. Эти итоги указывают на техногенность происхождения.

Таблица 3.7. – Количественное содержание **Pb** и **Zn** по вертикальному разрезу почвенного профиля в с. Нижний Унал (по данным автора)

| Место отбора проб почвы | № | Элемент | Уровень почвенного горизонта, м | | | | | |
|--------------------------|---|-----------|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| | | | 0.05 | 0.20 | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 1.00 |
| Верхняя терраса р. Ардон | 2 | <i>Pb</i> | 10 | 8 | 3 | 3 | 6 | 4 |
| | | <i>Zn</i> | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| База МГУ | 7 | <i>Pb</i> | 3 | 0.8 | 0.8 | 1 | 0.8 | 0.8 |
| | | <i>Zn</i> | 20 | 3.0 | 6 | 10 | 10 | 10 |

Продолжение – Таблица 3.7.

| Место отбора проб почвы | № | Элемент | Уровень почвенного горизонта, м | | | | | |
|-------------------------|---|-----------|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| | | | 0.05 | 0.20 | 0.40 | 0.60 | 0.80 | 1.00 |
| Склон левобережья | 9 | <i>Pb</i> | 8 | 1 | 2 | 0.6 | 1 | 0.3 |
| | | <i>Zn</i> | 10 | 5 | 3 | 3 | 5 | 1 |
| Пасека | 6 | <i>Pb</i> | 10 | 6 | 3 | 2 | 3 | 1 |
| | | <i>Zn</i> | 100 | 20 | 10 | 8 | 10 | 8 |
| Район расчленения доли | 4 | <i>Pb</i> | 10 | 8 | 4 | 2 | 1,5 | 1 |
| | | <i>Zn</i> | 40 | 30 | 20 | 10 | 8 | 8 |
| Нижняя терраса р. Ардон | 2 | <i>Pb</i> | 20 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | 1.0 |
| | | <i>Zn</i> | 20 | 3 | 5 | 5 | 6 | 5 |
| | 4 | <i>Pb</i> | 20 | 2.0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | | <i>Zn</i> | 50 | 10 | 10 | 5 | 20 | 3 |
| | 6 | <i>Pb</i> | 10 | 5 | 5 | 4 | 3 | 4 |
| | | <i>Zn</i> | 30 | 20 | 20 | 20 | 10 | 20 |
| | 7 | <i>Pb</i> | 20 | 20 | 15 | 8 | 3 | 3 |
| | | <i>Zn</i> | 60 | 50 | 80 | 30 | 20 | 20 |
| | 9 | <i>Pb</i> | 80 | 50 | 30 | 20 | 10 | 4 |
| | | <i>Zn</i> | 300 | 200 | 80 | 80 | 50 | 30 |

В качестве важного показателя, свойственного тем природным процессам, которые происходят в почве, необходимо признать то состояние, в котором металлы находятся в ней. Отмечается присутствие минералов, представленных ионами и сортировочными частицами.

Пробными анализами почв проведенных геохимической партией ЦОМТЭ ИМГРЭ (с. Бирагзанг) выявлен недопустимый показатель содержания тяжелых металлов (свыше 7.3 г/см³) в почве в зоне деятельности горных объектов рудников и карьеров Северного Кавказа (в том числе – на Садоне, Урупе,

Тырныаузе), что послужило основой для выполнения дополнительных исследований по изучению геоэкологической ситуации в этом регионе.

Глубокую характеристику форм, в которых представляются элементы и их соединения, можно выполнить за счет явлений геохимического характера. Сегодня продолжает существовать низкая изученность форм, в которых находятся химические элементы, содержащиеся в почве.

Изучение перераспределения микроэлементов в различных компонентах почв дает возможность прогнозировать их поведение в почвах и отделять их аномалии в зависимости от концентрации природного генезиса [6].

В ходе исследований было установлено, что физико-химические свойства наночастиц, выбрасываемые горнопромышленными источниками в атмосферу, как правило, зависят от значений их размера. При этом минеральные наночастицы ведут себя иначе, чем более крупные микро- и макроскопические кристаллы того же минерала. Например, наночастицы меди размером менее 50 нм являются сверхтвердыми материалами и не проявляют свойств пластичности, свойственной для объемной меди. Наночастицы, размеры которых меньше, чем у объемного экситонного радиуса Бора, обычно демонстрируют синий сдвиг в оптическом переходе и обладают свойством высокой фотолюминесценции. Другие изменения, также зависящие от размера наночастиц, включают суперпарамагнетизм (проявляемый магнитными материалами), квантовое ограничение полупроводниковыми Q -частицами и поверхностный плазмонный резонанс (наблюдаемый в некоторых металлических наночастицах).

С другой стороны, поверхностные состояния (обусловленные поверхностные эффекты), из-за значительного отношения площади поверхности наночастиц к их незначительному объему, начинают играть всё более важную роль в химических взаимодействиях. Так, в ходе исследований было установлено, что PbS , ионный свинец, $Pb(II)$, оксиды и гидроксиды свинца, а также оксианионные комплексы свинца являются основными формами

наночастиц *Pb*, которые попадают в составе выбрасываемой горными предприятиями пыли в почву, грунтовые и поверхностные воды.

Также было установлено, что наночастицы *ZnO* обладают уникальными физико-химическими свойствами, характеристики, которые отличаются от более крупных частиц того же материала из-за чрезвычайно малого размера, более высокой удельной поверхности и поверхностной реакционной способности.

По сравнению с объёмными сульфидами, нано-*ZnS* обладает аномальными физическими и химическими свойствами, такими как: квантовый размерный эффект, эффект поверхности и объема и макроскопический квантовый туннельный эффект, большее оптическое поглощение, высокая химическая активность и термическое сопротивление, энергичный катализ и низкая температура плавления.

Модифицированная версия уравнения Кельвина предсказывает зависимость растворимости минералов от их размеров, утверждая, что по мере того, как минеральные частицы становятся меньше размерами (до нанодиапазонов), то их растворимости растут экспоненциально.

Почвы являются основным поглотителем наночастиц тяжелых металлов, выбрасываемых в окружающую среду в результате деятельности горных предприятий, и в отличие от органических загрязнителей, которые (под действием разнообразных почвенных микроорганизмов) окисляются до оксида углерода (IV), не подвергаются микробной деградации, и в результате их общая концентрация в почвах сохраняется длительное время после их депонирования. Однако возможны изменения их химических форм (см. рисунок 3.17.) в результате выщелачивания почвенными растворами и определенной биодоступности.

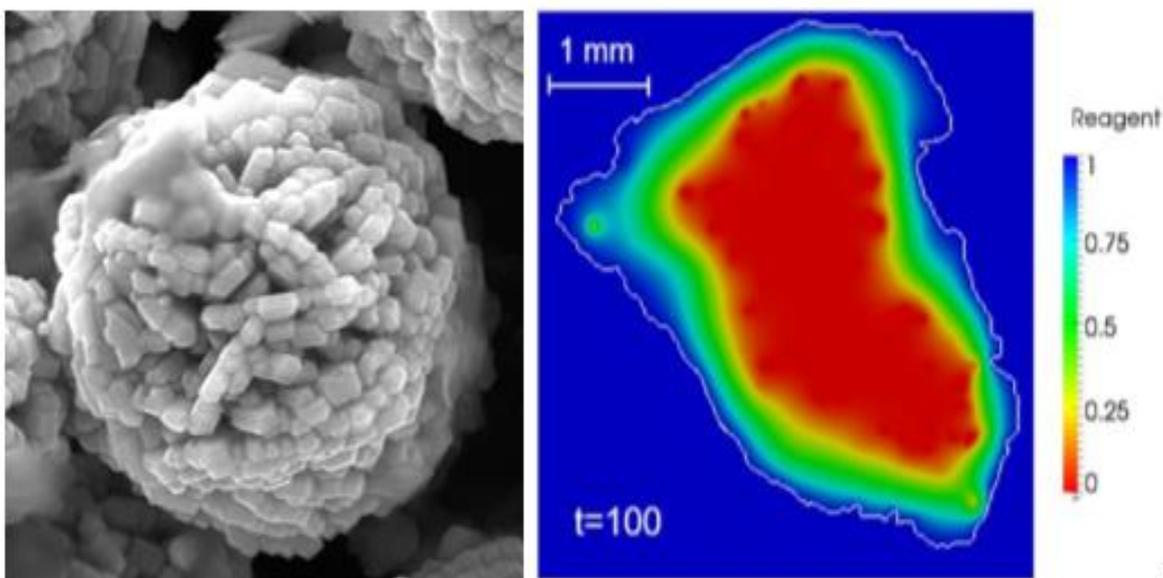


Рисунок 3.17. - Сферическое изменение химических форм наночастицы под влиянием почвенных растворов

Характер взаимодействия органического вещества (ОВ) с оксидами *Fe*, *Zn*, *Cu* и других металлов определяется химическими характеристиками ОВ и типом присутствующих минеральных фаз.

Сорбция, как процесс, отражается на том уровне и том поведении, которое выполняется тяжелыми металлами, находящимися в почве, и сконцентрированными в ней. Это вызывает падение рН-показателей. В то же время, увеличивается глинистая фракция почвы, в результате чего ионообменная способность грунта увеличивается.

Однако, чувствительность почвы к воздействию выпадаемой из приземной атмосферы минеральной пыли определяется не только от типом почв (чернозем, краснозем, песчаные и т.д.), но также зависит от характеристик минеральной структуры выпадающей минеральной пыли (таких, как размер частиц, характеристики связывания между частицами, ионообменная способность и т.д.). Чем будут меньше частицы выпадаемой пыли, тем выше их способность взаимодействовать с почвенными растворами.

Наличие отрицательных зарядов характерно мелким частицам глины и гумуса, прочим органическим веществам, которые разлагаются в почве. К ним притягиваются катионы, имеющие положительный заряд (магний, кальций). В итоге происходит формирование в почве естественного запаса катионов.

Их наличие в почве является основой к формированию буферной системы, представляющей собой обмен катионов. Это позволяет выполнить защиту почв от сульфидной пыли, характеризующейся негативным воздействием.

Например, железо, представленное в виде гетит и гематит и выпавшее из минеральных аэрозолей, может растворяться посредством 3-х различных механизмов:

– протонно-прототируемого растворения, когда высокие концентрации протонов разрушают связи $Fe - O$ в кристаллической решетке;

– растворение (28 %) под контролем лиганда, когда органические кислоты образуют поверхностные комплексы с железом и отделяются с образованием растворимого $Fe(III)$;

– восстановительное растворение, когда $Fe(III)$ образует растворимый $Fe(II)$, как правило, в результате протекания фотохимических реакций.

Концентрирование и растворение наночастиц ZnO и растворенных частиц Zn из наночастиц были исследованы на 5-ти почвах с различными физическими и химическими свойствами. Сильное удерживание наночастиц ZnO продемонстрировали все типы почвы (особенно щелочные и известковые). Адсорбционное сродство наночастиц ZnO обычно выше, чем у растворимого Zn , что предполагает сохранение в большей степени наночастиц ZnO .

На рисунке 3.18. приведены данные содержания свинца и цинка (10^{-3}) по вертикальному размеру почвенного профиля.

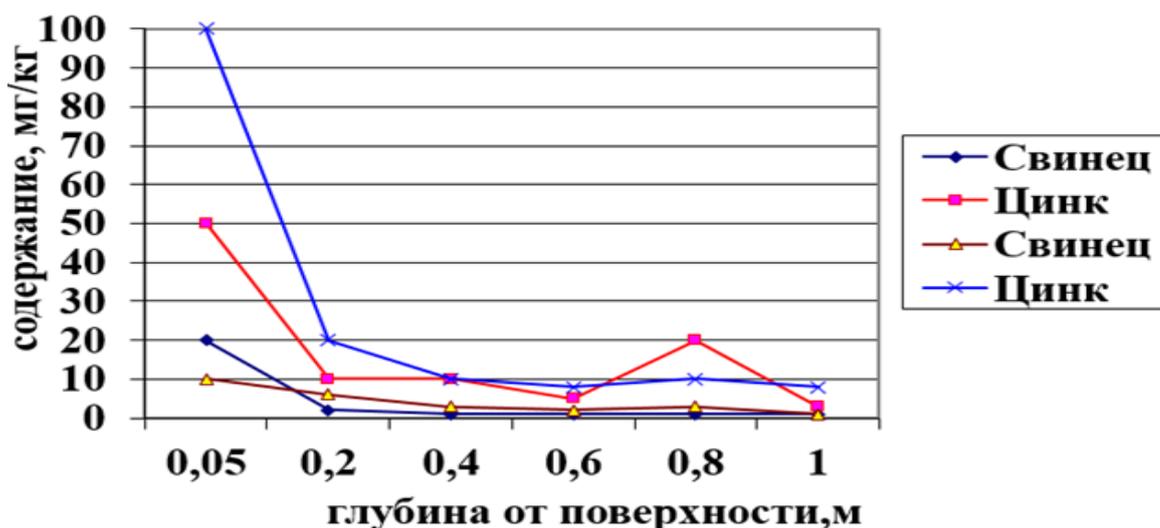


Рисунок 3.18. - Изменение содержания Zn и Pb в почвенном профиле в районе деятельности Садонского СЦК (по данным автора)

Растворенные тяжелые металлы оказывают влияние на кислотный состав гумусовых веществ почв: катионы адсорбционного комплекса почвы вытесняются ионами тяжелых металлов. С точки зрения прочности связи между абсорбированными катионами и адсорбционным комплексом почвы, металлы составляют убывающий ряд: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^{+} > K^{+} > H^{+}$. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что в черноземе обыкновенном снижается уровень pH вместе с нитратным азотом и подвижным фосфором. Повышение содержания подвижных органоминеральных соединений, а также доли фульвокислот в гумусе черноземных почв может привести к деградации почв.

Коэффициент подвижности тяжелых металлов рассчитывался как отношение содержаний подвижных форм (P_{ϕ}) элементов к их валовым содержанием (C) в почвах:

$$KП = \frac{P_{\phi}}{C} . \quad (3.11)$$

Изменения коэффициентов подвижности для свинца и цинка в тех же точках мониторинга приведены на рисунке 3.19.

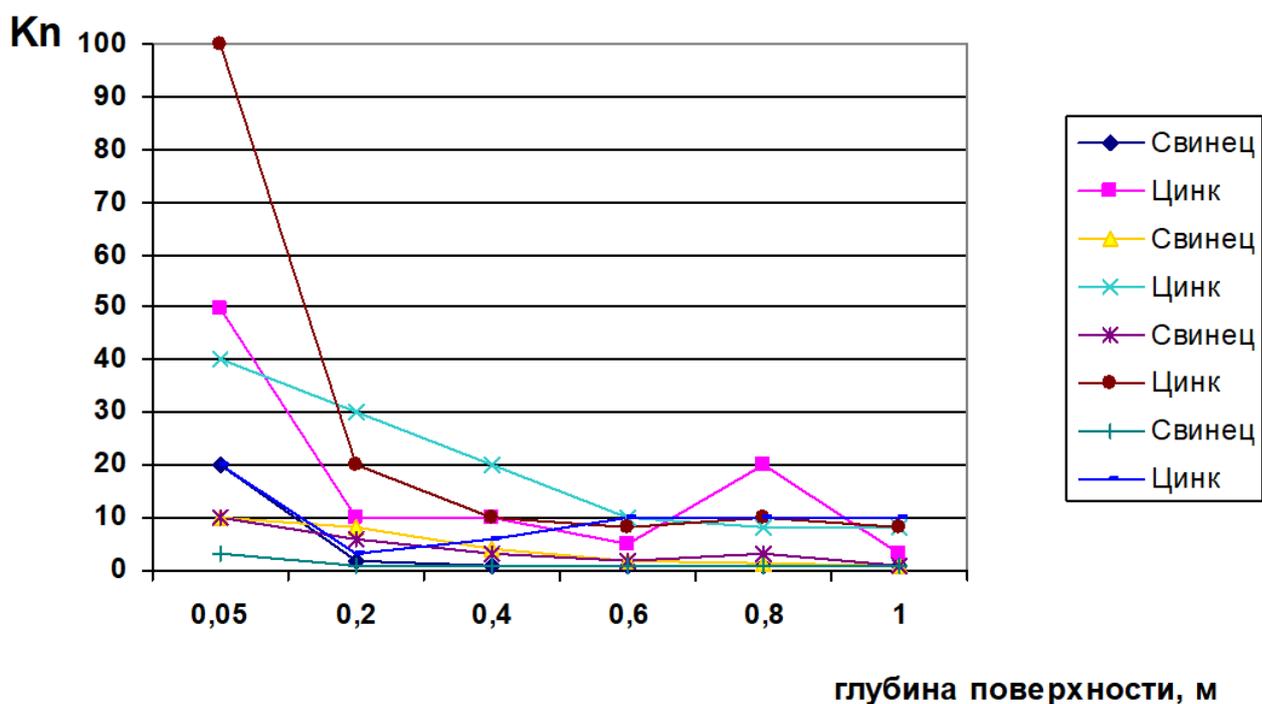


Рисунок 3.19 - Изменение коэффициентов подвижности K_n цинка и свинца в точках мониторинга (по данным кафедры геохимии МГУ)

Нижние террасы р. Ардон, на которых размещаются фруктовые сады, а также территория, прилегающая к мосту, проходящему через указанную реки, характеризуются высокими показателями концентрации тяжелых металлов, в их первичных формах.

Таблица 3.8. – Количественное содержание первичных форм (ПФ) свинца P_b и цинка Z_n (мг/кг) в почвах с. Н. Унал (pH = 4.8) (по данным автора)

| № пробы | Цинк | | | | Свинец | | | |
|---------|-------|------|-----------|--------------------------------|--------|------|-----------|---------------------------------|
| | ПФ | КП | $C_{вал}$ | относительно ПДК _{ПФ} | ПФ | КП | $C_{вал}$ | относительн о ПДК _{ПФ} |
| 1 | 6.15 | 1.5 | 400 | 0.27 | 5.49 | 2.7 | 100 | 0.5 |
| 2 | 7,58 | 9.5 | 80 | 0.2 | 12.34 | 41.1 | 30 | 1.1 |
| 3 | 27.06 | 13.5 | 200 | 0.85 | 11.43 | 7.6 | 150 | 1.0 |
| 4 | 11.98 | 4.0 | 300 | 0.38 | 7.47 | 5.0 | 150 | 0.7 |
| 5 | 6,09 | 2.4 | 250 | 0.2 | 4.48 | 3.0 | 150 | 0.4 |

Продолжение – Таблица 3.8.

| № пробы | Цинк | | | | Свинец | | | |
|---------|-------|------|-----------|--------------------------------|--------|------|-----------|--------------------------------|
| | ПФ | КП | $C_{вал}$ | относительно ПДК _{ПФ} | ПФ | КП | $C_{вал}$ | относительно ПДК _{ПФ} |
| 6 | 44.17 | 17.7 | 250 | 1.2 | 16.3 | 11.0 | 150 | 1.5 |
| 7 | 52.08 | 17.4 | 300 | 1.4 | 20.25 | 13.5 | 150 | 1.8 |
| 8 | 186.5 | 31.1 | 600 | 5.2 | 33.13 | 16.6 | 200 | 3.0 |
| 9 | 90.34 | 18.1 | 500 | 2.5 | 77.0 | 25.7 | 300 | 7.0 |
| 10 | 246.3 | 24.6 | 1000 | 6.8 | 71.0 | 17.8 | 400 | 6.4 |
| 11 | 287.2 | 19.1 | 1500 | 8.0 | 72.5 | 18.1 | 400 | 6.6 |
| 12 | 195.8 | 49.0 | 400 | 5.4 | 52.0 | 13.0 | 400 | 4.7 |
| 13 | 271.2 | 18.6 | 1500 | 7.5 | 60.0 | 15.0 | 400 | 5.4 |
| 14 | 252.2 | 25.2 | 1000 | 7.0 | 209.5 | 34.9 | 600 | 19.0 |

3.9. Выводы

1. Проведение погрузочно-разгрузочных работ занимает значительное место в той деятельности, которая на окружающей среде отражается негативно и загрязняет ее. Не исключением являются рудники Садонского свинцово-цинкового комбината, «Молибден» и открытый рудник Тырнаузского вольфрамо-молибденового комбината. Руда, которая перевозится при помощи автосамосвалов, горные породы и концентраты, в процессе транспортировки осыпается, в результате чего, находясь на дорожном покрытии, ломается, при воздействии на нее транспортных средств. Как результат, она создает дополнительное запыление, которое особо проявляется тогда, когда порывы ветра усиливаются.

2. Проведение бульдозерных работ является основой к тому, чтобы

образование пылевого потока возникало при сдуве частиц пыли с поверхностей призм, по которым выполняется волочение.

3. Большой объем выбросов отмечается на предприятиях, занимающихся добычей геоматериалов. Пагубное влияние оказывается в отношении почвы, как на примыкающей территории, так и в самом регионе. Геоматериалы, представленные в виде частиц, развиваются при движении транспорта, во время выветривания, отмечающегося на бортах карьеров и поверхностях их откосов.

Отмечается оседание пыли недалеко от источников, что характерно для крупных фракций. Те, что относятся к мелким, разносятся ветром, в результате чего, на значительных почвенных поверхностях происходит их оседание. В процессе обмена, вызванного, в том числе, светом и теплом, происходит нарушение жизненно важных показателей окружающей среды.

4. Общая площадь почвенно-геохимических аномальных участков, связанных с добычей полезных ископаемых составила не менее 200 км², а с металлургическим комплексом – 250 км². В пределах исследуемых территорий обращает внимание морфология и структура выделенных аномалий. В зоне добычи обогащение полиметаллов их аномалии покрывают не только сами объекты, но и всю долину р. Ардон в горной части. Субмеридиональные почвенные аномалии цинка, меди, серебра, свинца и молибдена сменяют друг друга, частично перекрываясь и образуют непрерывный аномальный участок, расширяясь за счет месторождений в лево- и правобережье в зоне североюрской депрессии.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Разработка технологий нейтрализации пылевыведения (лабораторное моделирование) на объектах горной промышленности

В качестве наиболее простого способа противодействия пылевым образованиям, необходимо рассматривать использование воды. Чтобы активность воды была повышена, выполняется использование добавок, представляющих собой вещества поверхностно-активного состава. Их применение предполагает выполнение магнитной обработки, электризации.

Проведение широкого спектра исследований со стороны НИИ рудвентиляция, ЦНИПП, Унипромедь, Гипроникель позволило определить, что именно физико-химические свойства, характерные воде и пыли, отражаются на итоговой эффективности пылеподавления с применением водных растворов (см. рис. 4.1.) [127, 132].

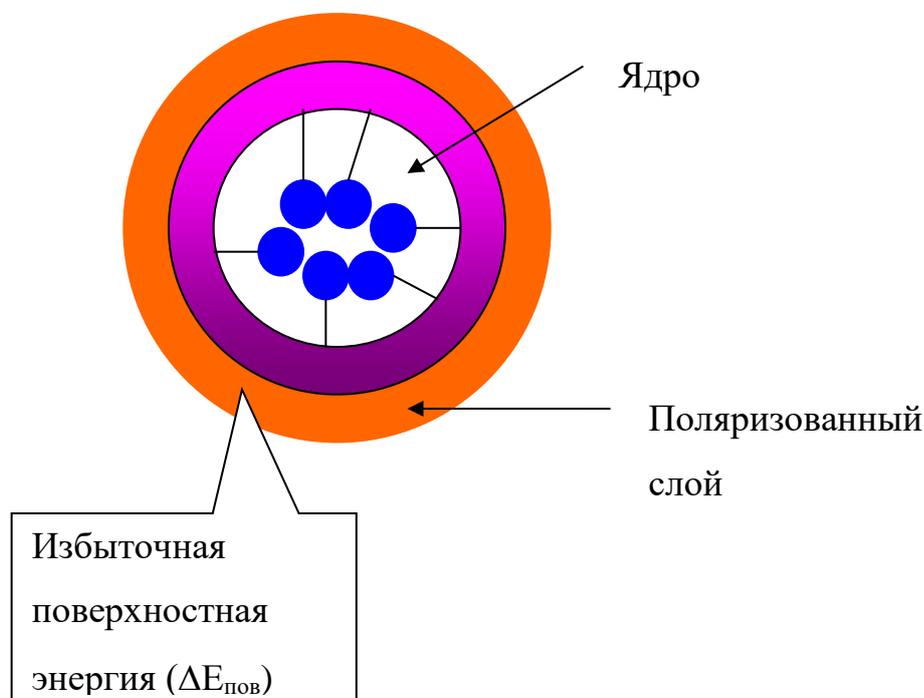


Рисунок 4.1. - Агрегативная структура молекулы воды

Чтобы определить, какие добавки целесообразнее применить, а также установить, какой вид обработки будет наиболее эффективным, необходимо воспользоваться разработанной автором методикой. Ее основа базируется на принципе, позволяющем определить наличие у воды пылеулавливающего свойства. Оно определяется исходя из показателей ее активности на поверхности.

В то время, когда пылинки взаимодействуют с водой (ее каплями), имеет место проявление поверхностного натяжения. Еще один фактор заключается в способности ПАВ выполнять сорбирование на твердых поверхностях пылевых частиц. Результатом такого сорбирования выступает влияние на смачиваемость, представленную в виде отдельного показателя. Упомянутым процессам свойственна динамичность.

Оценка количественных значений величины поверхностного натяжения, осуществляемая сталагмометром [14]:

$$\sigma = f(\tau); \quad \sigma = f(h); \quad \sigma = f(t), \quad (4.1)$$

где: σ – величина поверхностного натяжения жидкости, дин/см²;

τ – период времени образования капель, с;

h – значение концентрации смачивателя, %;

t – величина температуры, °С.

По результатам исследования установлено, что рекомендованная концентрация ПАВ находится на уровне 0 – 4 %. Она определяется по составу воды, которая используется [126].

Сталагмометр позволяет определять, каким поверхностным натяжением характеризуется жидкость. Потребность в создании современного прибора, позволяющего обеспечить четкость вычислений и точность эксперимента, была обоснована существованием жестких требований.

Автор выполнил разработку устройства, представленного на рис. 4.2, составными элементами которого выступает капельница, выполняющая функцию сталагмометра. Поверх нее установлен сосуд, для которого

свойственно наличие сливного патрубка, входящего в капельницу, на том пределе, до которого она может быть заполнена.

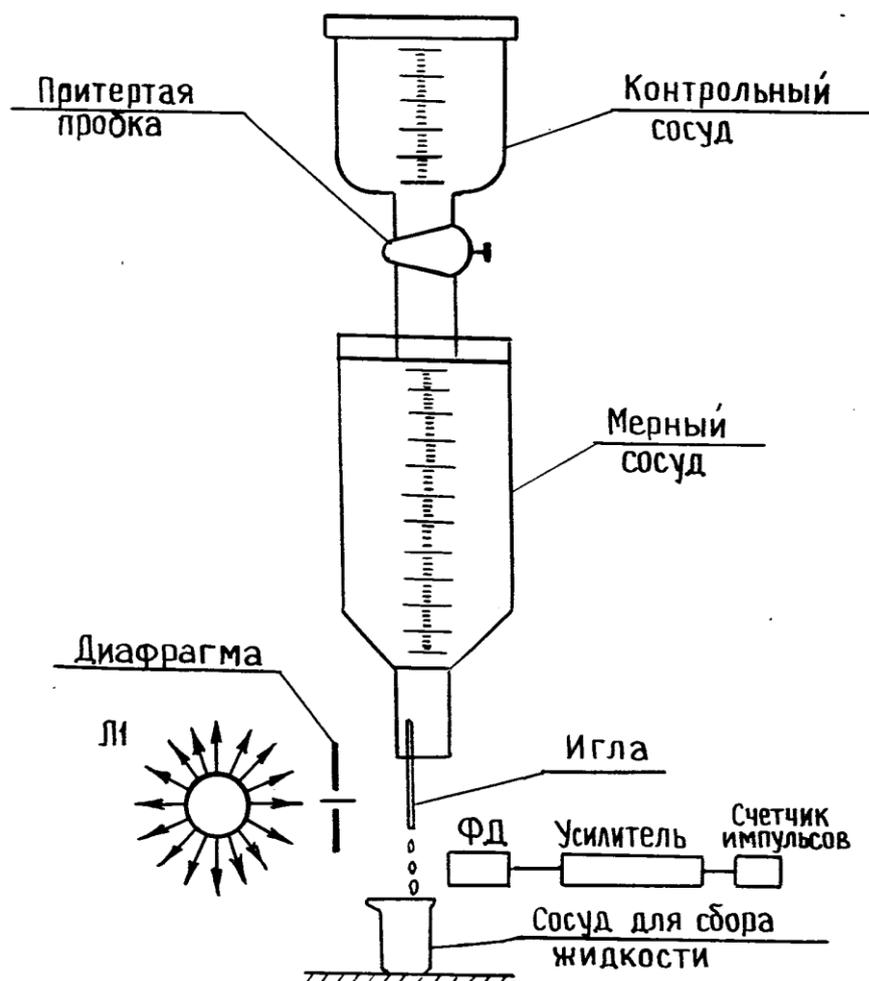


Рисунок 4.2. - Установка определения значений поверхностного натяжения жидкости [15]:

ФД – фотодиод, Л – лампа

Использование электронно-оптического аппарата позволяет преобразовывать падающие капли в электрические сигналы. При наибольшем показателе частоты импульс становится более частым, а натяжение жидкости на поверхности более низким.

Подача пульсирующего переменного электрического тока осуществляется от фотодатчика к усилителю импульса, после чего он направляется к счетчику СБМ-100.

При помощи разработанного прибора может быть измерена величина, указывающая на поверхностное натяжение, что будет выполнено точнее, чем по

методу П.А. Ребиндера на 3 – 15 % [48, 118].

Проведение исследования позволило прийти к выводу о том, что ПАВ может иметь различное воздействие на поверхностное натяжение вод. Воздействие повышенной активности отмечается в отношении воды, которая местом вытекания которого является Архонский рудник.

Достигнутые в процессе исследования выводы позволяют говорить о том, что степень запыленности воздуха снижается в ситуации применения омагниченной воды. Проведение пробы воды, полученной из прочих источников, используемых при проведении магнитной обработки, было проведено на омагничивающих установках различного типа [15, 48].

Автор создал устройство, позволяющее омагнитить жидкость.

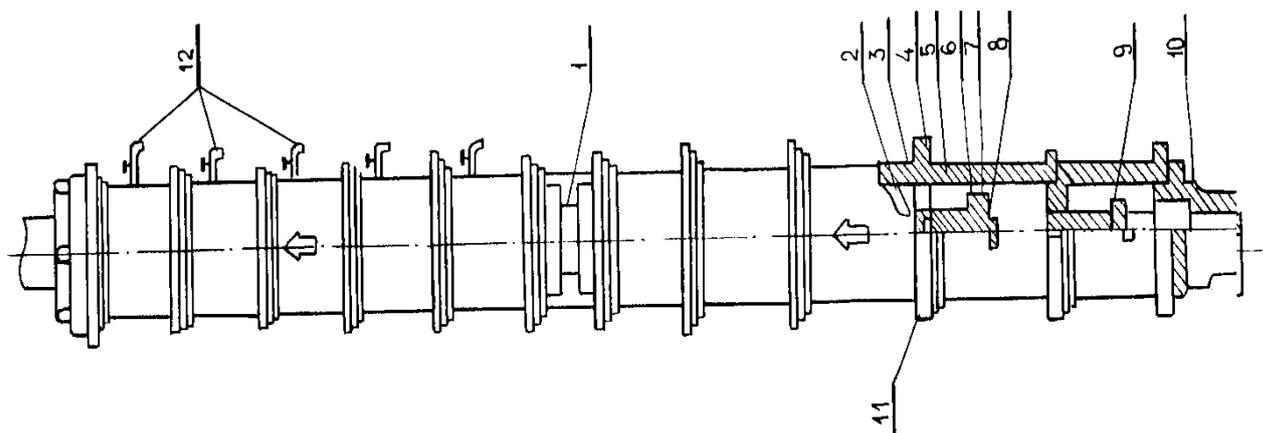


Рисунок 4.3. - Устройство омагничивания жидкостей [48]:

1 – крышка; 2 – болт; 3 – отверстие; 4 – прокладка; 5 – магнитопровод; 6 – постоянный магнит; 7 – полюсный наконечник; 8 – гайка; 9 – специальный полюсный наконечник; 10 – крышка; 11 – винт; 12 – краны

Скорость, свойственная течению водных растворов, при работе представленной установки, равна 0,45 м/с. Удалось установить, что от количества секций ПМУ, зависит магнитная обработка жидкости, пересекающих их.

Через рассматриваемую установку была проведена исследуемая вода, а также ПАВ, после чего было определено поверхностное напряжение, свойственное обеим жидкостям.

Таблица 4.1. содержит количественные показатели, характеризующие поверхностную активность воды, при температуре равной 20 °С.

Таблица 4.1. - Величина поверхностного натяжения воды после её обработки в ПМУ, дин/см² [48]

| Вода | Значение поверхностного натяжения | | После магнитной обработки в ПМУ |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------|---------------------------------|
| | до обработки | после обработки | |
| Водопроводная | 72.5 | 27.5 | 4 |
| | 72.5 | 40.4 | 6 |
| | 72.5 | 30.5 | 8 |
| Архонская шахтная | 74.6 | 46.0 | 4 |
| | 74.6 | 48.4 | 6 |
| | 74.6 | 45.3 | 8 |
| Из реки Ардон | 73.1 | 40.1 | 4 |
| | 73.1 | 42.4 | 6 |
| | 73.1 | 40.2 | 8 |

Значительные изменения поверхностной активности, свойственной обрабатываемым водам, были отмечены при использовании постоянных магнитов в количестве 6 пар. В то время, когда использовалось 8 пар таких магнитов, показатель изменился незначительно. Стоит признать, что более высокая активность была свойственна водопроводной воде. В то время, когда была проведена ее обработка, как с использованием 6 пар, так и 8 пар магнитов, сокращение поверхностного напряжения произошло в 2 и более раз.

Производственные условия были реализованы для того, чтобы выполнить проверку эффективности, присущей раствору ПАВ. Использование установки, представленной автором, было выполнено в качестве лабораторной камеры, в которой распыляемая вода выполнила пылеулавливающие функции. Объем камеры составил 75 дм³ (рис. 4.4).

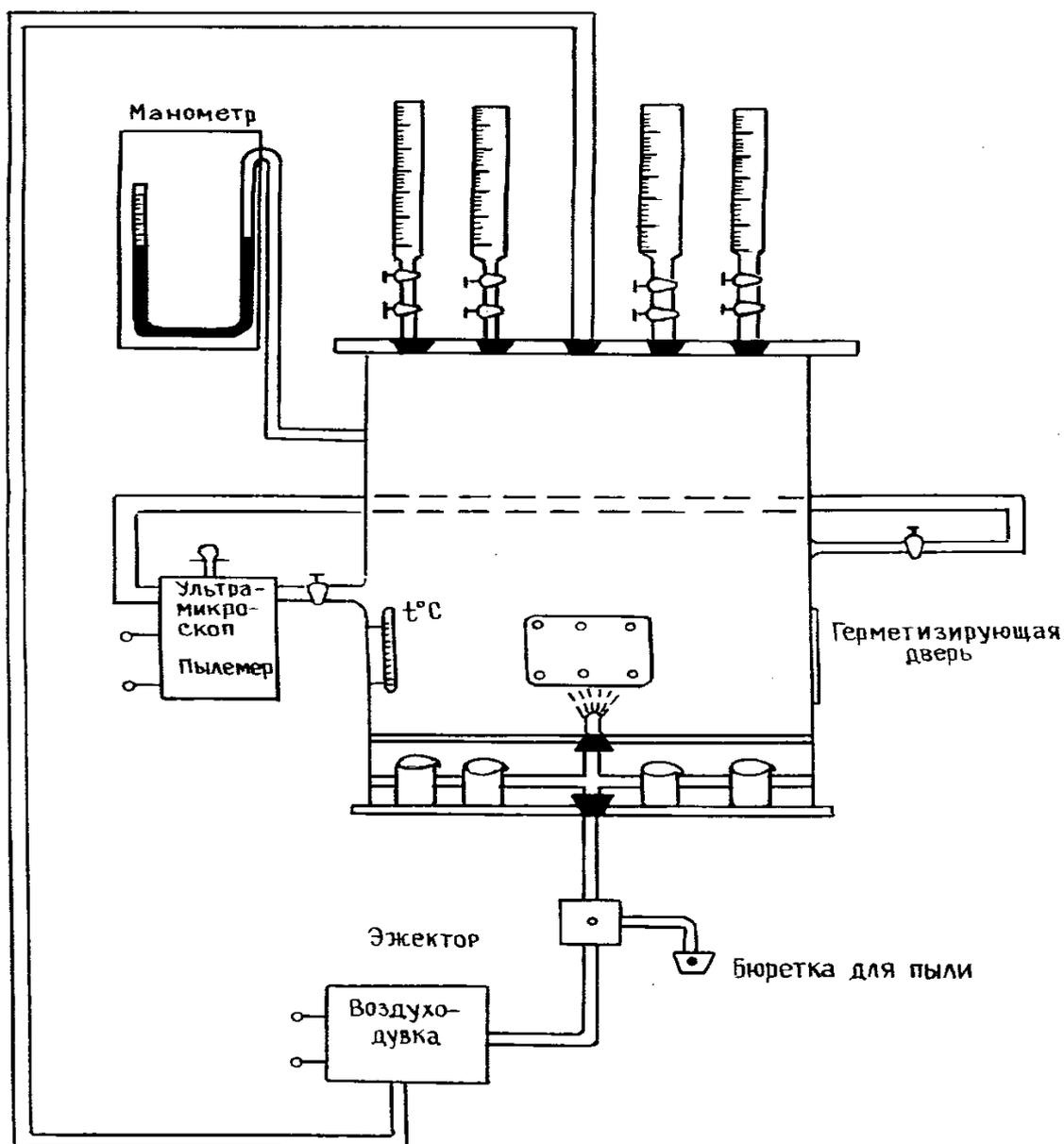


Рисунок 4.4 - Установка для моделирования процессов пылеулавливания [12]

Для рассматриваемой установки характерно наличие ряда элементов, которыми выступают: датчики давления и температуры, ложное дно, воздуходувка, эжектор, подвижная крышка, зонтичная форсунка, бункер, кольцевой канал, крышка верхняя и нижняя, ультрамикроскоп.

Верхняя крышка снабжена бюретками, а также стаканами, в которые собираются капли, которые выступают основанием.

Пылевой навес распыляется за счет действия воздуходувки. Чтобы воздушный поток был непрерывным, крышка камеры снабжена отводом,

соединяющим ее с входом в воздухоудувку. Для этого используется кольцевой канал.

Действие компрессора позволяет изменять скорость воздушных потоков. Бюретки используются для размещения водных растворов ПАВ, которые были отработаны через ПМУ.

Обеспечить сравнение достигаемых показателей пылеулавливания призвано помещение базовой воды в бюретку. Базовой является дистиллированная вода.

Открытие краников (8 шт.), размещенных на бюретках, выполняется после того, как требуемые аэропылединамические характеристики достигнуты. К числу таковых относятся показатели температуры, давления, запыленности, скорости движения воздуха.

Обеспечить определенную частоту падения капель можно за счет регулирования капель. При падении, они попадают в стаканы, которые расположены на дне. В процессе падения, капли увлекают за собой частицы пыли.

Исключить возможность попадания исходных пылевых масс в рассматриваемые сосуды, можно за счет использования подвижной крышки, которой стаканы должны быть закрыты до того, как эксперимент будет начат.

Весовой и счетный способ применяются для определения показателя, указывающего на то, в какой степени воздух запылен.

При счетном методе обеспечивается постоянное подключение ультрамикроскопа к пылевой камере. В процессе исследования уровень запыленности в ней составлял 2 - 40 мг/м³.

Показатель изучаемой эффективности действия водных растворов устанавливался при работе с минеральной пылью, образованной на полиметаллических рудниках СЦК и Тырныаузского ГМК. Проведение исследования было остановлено после того, как жидкость, объем которой составил 0.1 м³, была пропущена. Суспензия, что была получена, подлежала

исследованию на показатель концентрации пыли. Для этого проведено извлечение сосуда с использованием калориметра КФК-55 М, через окошко, оставленное сбоку.

По результатам проведенной работы был сделан вывод о том, что наиболее подходящим является применение водопроводной воды, в которую добавлены (0.5±0.4)% полиакриламидов (ПАА). Именно такой раствор обеспечил обеспыливание гидро типа.

Сходная эффективность была отмечена и при использовании воды, прошедшей магнитную обработку.

По утверждению автора, обеспечить требуемую борьбу с пылью на дорогах можно за счет использования поливочных устройств и машин, составным элементом которых выступают цистерны.

Чтобы рассчитать эксплуатационную производительность таких устройств, необходимо использовать формулу [26]:

$$P_{\text{э}} = \frac{q \cdot k_{\text{в}} \cdot k_{\text{т}}}{\frac{2z}{V} + t_{\text{н}} + t_{\text{р}}}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4.2)$$

где: q – объём цистерны, м^3 ;

$t_{\text{н}}$ – длительность времени заполнения цистерны, ч ($t_{\text{н}} = 0,15\text{ч}$);

$t_{\text{р}}$ – длительность времени распределения, ч ($t_{\text{р}} = 0,3\text{ч}$);

z – дальность транспортировки, км;

p – теоретическая норма распределения, $\text{м}^3/\text{м}^2$;

V – величина рабочей скорости движения, км/ч;

$k_{\text{в}}$ – значение фактического коэффициента использования внутрисменного времени ($k_{\text{в}} = 0,75$);

$k_{\text{т}}$ – значение реального коэффициента перехода от технической производительности к эксплуатационной ($k_{\text{т}} = 0,7$).

Длительность времени распределения может быть рассчитана по следующей формуле [26]:

$$t_p = \frac{q}{p b 1000 V_p}, \text{ ч} \quad (4.3)$$

где: b – ширина обрабатываемой полосы, м;

V_p – величина скорости транспортировки, км/ч;

p, q – то же, что и в формуле (3.2).

4.2 Перспективы пылегазонейтрализации при экскавации горно-рудной массы

В то время, когда добываются полезные ископаемые, происходит пылевыделение высокой интенсивности. Снизить его можно за счет гидрообеспыливания. Процесс, при котором пыль подавляется, связан со смыванием пыли, ее смачиванием.

Определение воды, требуемой для того, чтобы отбитая горная масса была орошена на протяжении одной смены, проводится с использованием формулы [5]:

$$P = Q_y Q_{\text{э}} T_{\text{п}}, \quad (4.4)$$

где: $Q_{\text{э}}$ – фактический среднечасовой показатель производительности экскаватора при погрузке горно-рудной массы, т/ч;

$T_{\text{п}}$ – продолжительность рабочей смены, ч ($T_{\text{п}} = 6$ ч);

Q_y – значение удельного расхода воды на 1 т дробленой породы.

Необходимо определить, какая периодичность должна быть свойственна увлажнению забоев. Этот показатель находится в прямой зависимости от того, какая естественная влажность отмечается в каждом конкретном месте, насколько крепкой является порода, какой производительностью отличается экскаватор, каким способом горные массы будут транспортироваться и пр. При работе на карьере «Мукуланский» была определена следующая периодичность: в летний период увлажнение должно проводиться в каждой смене, а весной и осенью –

ежесуточно. При этом экскаваторы должны иметь следующую производительность: ЭКГ-4.6Б – 430 т/ч и ЭКГ-8И – 675 т/ч. При таких условиях, объем воды, используемый для поливки, составит: для ЭКГ-4.6Б – 21 м³/смену, а для ЭКГ-8И – 34 м³/смену.

В ситуации, когда на карьерах используется автомобильный транспорт, показатель емкости, свойственный сосудам поливочных машин, должен быть равен грузоподъемности основных используемых технологических транспортных средств. Зачастую, для проведения подобной работы используются ТС БелАЗ-548 (1980 г.) и БелАЗ-549 (1981-2000 гг.).

Значение производительности поливочных машин на базе БелАЗ-548 составляет 180 м³/ч и БелАЗ-549 - 250 м³/ч.

Значение сменной производительность гидроустановки:

- на базе БелАЗ-548 – $Q_{гв} = 180 \cdot 6 = 1080 \text{ м}^3/\text{см};$
- на базе БелАЗ-549 – $Q_{гв} = 250 \cdot 6 = 1500 \text{ м}^3/\text{см}.$

Формула определения продолжительность рейса (цикла) поливочной машины [5]:

$$t_p = t_{дв} + t_{зап} + t_{ож} + t_{ор}, \text{ мин}, \quad (4.5)$$

где: $t_{дв} = 15$ мин – длительность времени движения поливочной машины от места заправки до места орошения, которое определяется исходя из среднего расстояния от заправочного пункта до забоя и величины средней скорости заправленной и порожней автомашины;

$t_{зап}$ – длительность времени заправки $t_{зап} = 60 \cdot V/Q_{зн};$

V – значение объема воды в поливочной машине, м³;

$Q_{зн}$ – величина подачи заправочного насоса, м³/ч;

$t_{ож} = 10$ мин – длительность времени ожидания в забоях, тупиках и обменных пунктах перед орошением;

$t_{ор}$ – длительность времени продолжительности орошения забоя: $t_{ор} = 60 \cdot V/Q_{гм};$

$Q_{гм}$ – значение производительности гидроустановки, м³/ч:

- на базе БелАЗ-548 $t_{op} = 60 \cdot 30/180 = 10$ мин, $t_p = 47$ мин;
- на базе БелАЗ-549 $t_{op} = 60 \cdot 75/250 = 18$ мин, $t_p = 55$ мин.

Значение производительности одной поливочной машины определяется, как:

$$Q_M = V \frac{60T_{\Pi}}{t_p} K, \quad (4.6)$$

где: $T_{\Pi} = 6$ ч – продолжительность одной смены;

K – величина коэффициента полезного использования машины,
 $K = 0,6 \div 0,85$.

$$\text{- для БелАЗ-548 } Q_M = 30 \cdot \frac{60 \cdot 6}{47} \cdot 0,6 = 138 \text{ м}^3/\text{см},$$

$$\text{- для БелАЗ-549 } Q_M = 75 \cdot \frac{60 \cdot 6}{55} \cdot 0,6 = 295 \text{ м}^3/\text{см}.$$

Количество поливочных машин, необходимых для орошения забоев при обеспыливании в 1 смену, определяется по следующей формуле [15]:

$$M = n_3 \cdot m_n \cdot P / Q_M \cdot K_{ТГ}, \text{ шт}; \quad (4.7)$$

где: n_3 – число забоев, нуждающихся в обеспыливающем орошении;

$m_n = 1$ – значение частоты орошения одного забоя в смену;

$K_{ТГ}$ – величина коэффициента технической гарантийности работ поливочной установки.

По периодам обеспыливающей обработки необходимое количество установок будет:

– начальное значение $n_3 = 7$ (забои экскаватора ЭКГ-4.6), предельное значение $n_3 = 9$ (забои экскаватора ЭКГ-8И):

$$M = \frac{7 \cdot 21 + 9 \cdot 34}{138 \cdot 0,8} = 4 \text{ шт.};$$

– в период подъема $n_3 = 12$ (забои экскаватора ЭКГ-8И):

$$M = \frac{12 \cdot 34}{138 \cdot 0,8} = 4 \text{ шт.};$$

– в период затухания $n_3 = 12$ (забой экскаватора ЭКГ-84):

$$M = \frac{12 \cdot 34}{295 \cdot 0,8} = 2 \text{ шт.}$$

Чтобы пылеподавление было выполнено с наибольшим показателем эффективности, необходимо применять смачиватель ДБ наряду с водой. Показатель концентрации такого вещества должен составлять 0.05 – 0.1 %. Это позволит уменьшить расходование жидкости практически на 30 %.

4.3 Условия и возможности пылеподавления при разгрузочных процессах

В месте, где автосамосвалы выполняют разгрузку в рудоспусках пылеподавление проводится на основе использования пены воздушно-механического типа. Получить этот состав путем применения пеногенераторных установок ГВПВ-100С и пенообразователя ПО-1. В нем содержатся сульфокислоты (45 %), костный клей (4.5 %), этиловый спирт (10 %).

Пена характеризуется наличием ячеек. Пыль поглощается пенными пузырьками.

Чтобы пена была более устойчивой, необходимо соблюдать следующие показатели:

- жесткости воды - не более 20 мг·экв/л и рН = 6 – 8;
- концентрации пенообразователя в растворе – 4 – 5 % для ПО-1;
- расхода пенообразующего раствора из расчета - не более 0,5 л на 1 м³ куб. воздуха в 1 минуту;
- скорости воздушного потока проходящего через сетки – 5-12 м/с;
- расположения пеногенератора - не далее 5 м от того места, где образуется пылевое облако;
- давления воды в водопроводном ставе и ее расхода на уровне не менее 2 ат. и не менее 150 л/мин.

Высокая кратность рассматриваемой пены обеспечивается при использовании пеногенератора, имеющего кольцевой зазор ГВПВ-100С (см. табл. 4.2.). За счет насосной установки ОН-2 обеспечен напорный агрегат.

Таблица 4.2. - Техническая характеристика ГВПВ-100С [27]

| Показатели | Значение |
|---|------------------|
| Давление воды, кг/см ² | 5 – 6 |
| Расход воздуха, м ³ (на 1л пенораствора) | 0.6 |
| Расход пенораствора, л/мин | 10 – 15 |
| Кратность пены | до 1000 |
| Производительность установки по пене, м ³ /мин | 30 – 100 |
| Размеры, мм | 1700 × 737 × 800 |
| Вес, кг | 100 |

4.4 Принципиальная технология обеспечения подавления пыли и нейтрализация токсичных газов на карьерных технологических автодорогах

Проведенные автором исследования указывают на то, что минеральная пыль, образующаяся в пределах технических автодорог, находится на уровне 70-90 %. Этот показатель выделяется из общего объема карьерной пыли, образование которой происходит со всех загрязняющих источников. При расчете не учитываются массовые взрывы, выполняемые ежеквартально.

При работе на Тырнаузе и Садоне применение мокрого способа является наиболее распространенным. Он реализуется на автодорогах внутреннего типа, покрытие которых выполнено из щебня (рис. 4.5.). Проведение представленной работы выполняется за счет водопровода, который сооружается вдоль дороги. Его форсунки, а также прочие распылители, направлены по отношению к дороге [6].

Наряду с рассмотренным методом отмечается применение водовоздушных

форсунок, тип которых является конусным и зонтичным. Высокий показатель эффективности таковых достигается благодаря увеличению дисперсированности водяных капель. Это позволяет конденсировать пылевые частицы. Применение данного метода не допускает зимой. В летний же период, его действие происходит в течение получаса.

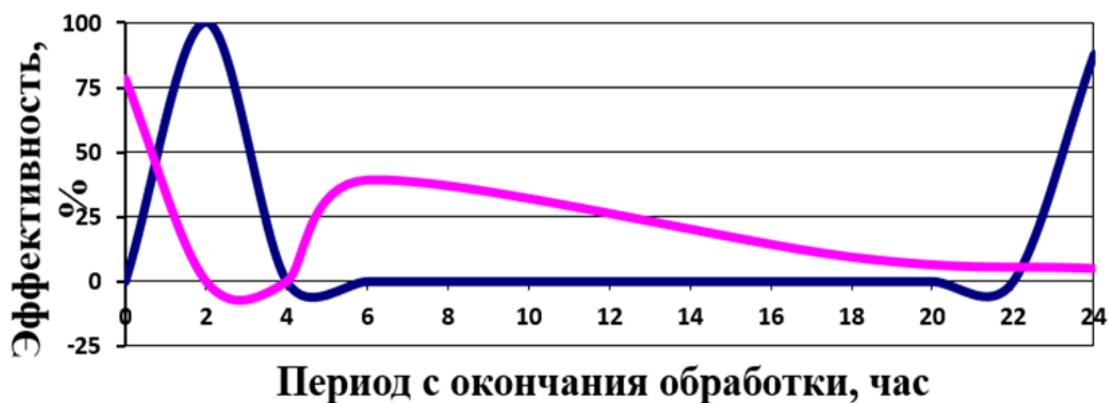


Рисунок 4.5. - Эффективность пылеподавления на карьерных технологических автодорогах: 1 – вода; 2 – ПАА

Высокое распространение получило простое орошение, благодаря которому технические автодороги обеспыливаются. В ситуации, когда такой метод применяется в рамках ограниченных временных отрезков, отмечается его малоэффективность. Кроме того, он имеет существенное негативное воздействие на среду обитания, благодаря тому, что руда загрязняется нефтепродуктами.

Проведено исследование широкого спектра рецептур, применяемых для того, чтобы минеральная пыль на автодорогах технического типа была подавлена. Эта работа потребовалась для определения того способа, который характеризовался бы минимальными затратами и высокими показателями смачивания. При этом, должна обеспечиваться возможность его применения в зимние периоды и прочие показатели, при которых нанесение на полотно не будет сложным.

Проведение исследования потребовало осуществления ряда производственных экспериментов, связанных с утилизацией отходов, образуемых нефтеперерабатывающими заводами. Высокую степень

эффективности исследователи отметили при использовании смолы АБ (ТУ-38-47). Это вещество содержит в себе до 10 % полиалкилбензолов. Оно было впервые применено для нейтрализации пыли, образуемой на дорогах технологического типа, при существовании горных условий нахождения [12].

По своему удельному весу такая смола равна 0.944 г/см^3 . В ней содержится до 3 % летучих веществ. Добыча вещества выполняется в то время, когда производится изопропилбензол, выступая продуктом побочного характера.

Проведение эксперимента было проведено на автодороге, имеющей щебневое покрытие, длина которой составляла 1 км.

Для проведения обработки была задействована автоцистерна, заранее получившая специальное оборудование. Ее слив был снабжен перфорированной трубой, размер которой равен ширине автоцистерны. Проведя заезд в одну и в другую сторону, поливочной машиной был выполнен охват всей ширины дороги (рис. 4.6).

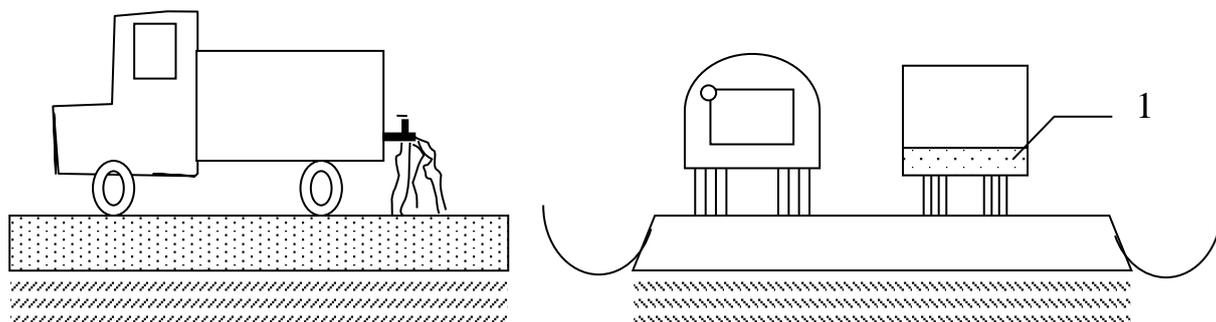


Рисунок 4.6 - Схема поливки автодороги автоцистерной:

1 – перфорированная труба

Около трети трубы были подвергнуты перфорации. Размер отверстий был наиболее большим в тех местах, где находятся ее концы. Всего отверстия были выполнены в трех рядах, расположение которых было шахматным. Такое размещение позволило равномерно покрыть полотно.

Представленные показатели обеспечили положение, в котором смола расходовалась равномерно. Заслонка на сливе обеспечила качественные

показатели распределения вещества. Отмечалось изменение значений расхода смолы в границах от 0.4 до 1 л/м², при интервале 0.2 л/м². Показатель от 1.0 до 1.6 м² при интервале 0.2 л/м² был отмечен на непокрытых и щебневых автодорогах.

После того, как очередная обработка была проведена, осуществляется проверка запыленности и сроков, в течение которых поливка будет действовать эффективно. Проверка запыленности на асфальтовом покрытии выполнена в 2-х точках, находящихся на расстоянии в 100 м. Аналогичные мероприятия проведены на щебневых дорогах, как подъездного, так и внутриплощадного типа.

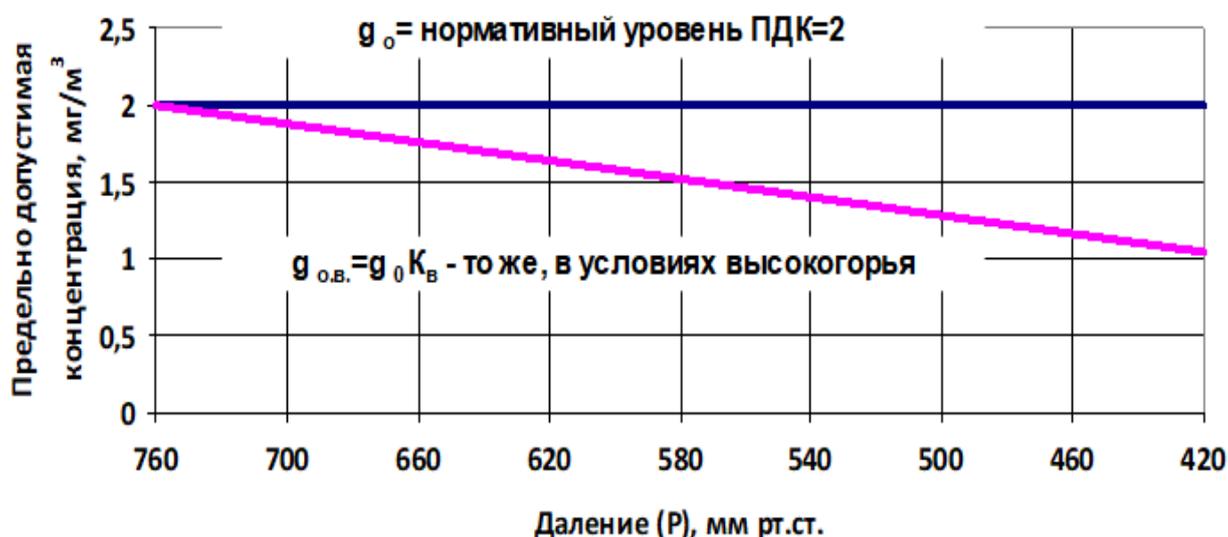


Рисунок 4.7. - Эффективность пылеподавления после полива автодороги: 1, 2 – первичная обработка (асфальт, щебень); 3, 4 - повторная (асфальт, щебень)

Чтобы достоверность результатов проведенных исследований, в части отобранных проб, была повышена, использовались те же места отбора, на которых оценивалась запыленность при применении смолы АБ.

Было принято решение о применении 5-дневного интервала при отборе проб, начиная с даты, когда средство было нанесено. Результаты проведенных мероприятий размещены в нижеследующей таблице.

Таблица 4.3 – Значение запыленности воздуха на обочине дороги после первичной обработки (по данным автора)

| Значение запыленности воздуха после покрытия, мг/м ³ | | | | | Расход смолы на 1 м ² дороги | |
|---|---------|---------|---------|---------|---|----------------------|
| 5 дней | 10 дней | 15 дней | 20 дней | 25 дней | щебеночное покрытие | асфальтовое покрытие |
| 1.64 | 3.1 | - | - | - | | 0.4 |
| 1.42 | 1.9 | 4.30 | - | - | | 0.6 |
| 0.79 | 1.12 | 1.84 | 2.6 | 4.30 | | 0.8 |
| 0.70 | 1.01 | 1.62 | 2.4 | 4.02 | | 1.0 |
| 1.32 | 2.60 | - | - | - | 1.0 | |
| 0.92 | 1.9 | 3.04 | - | - | 1.2 | |
| 0.68 | 1.81 | 2.16 | 4.6 | - | 1.4 | |
| 0.60 | 1.60 | 2.0 | 4.2 | - | 1.6 | |

При выполнении мероприятий по наблюдению за точками контроля, было отмечено, что показатели пылевыведения на первоначальном этапе отсутствуют или находятся в допустимом значении, после чего, происходит их резкое увеличение.



Рисунок 4.8. - Эффективность обеспыливания поливом автодорог (по данным автора):

1, 2 – первичная обработка;

3, 4 - повторная обработка (асфальт, щебень)

Смола АБ, применяемая на автодорогах, покрытие которых является асфальтовым, расходуется по 0.6 – 0.8 л/м². Если покрытие является щебневым, расход увеличивается до 1.2 – 1.4 л/м². Действие состава происходит в течение 12-14 дней, независимо от того, какой вид обработки применен.

При проведении повторной обработки срок эффективности может быть увеличен до 18-19 дней, а расход составит 0.3 – 0.5 л/м² и 0.8 – 1.0 л/м² для асфальтовых и щебневых дорог соответственно.

Таблица 4.4. – Значения запыленности воздуха на обочине (в 5 м) автодороги после повторной обработки (по данным автора)

| Значение запыленности воздуха после обработки (количество дней, мг/м ³) | | | | | Расход смолы на обработку 1 м ² обочины автодороги | |
|---|------|------|------|-----|---|---------------------|
| 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | асфальтовое покрытие | щебеночное покрытие |
| 0.6 | 1.0 | 1.5 | 2.8 | 5.8 | | 0.8 ÷ 1.0 |
| 0.56 | 0.75 | 1.25 | 2.01 | 4.6 | 0.3 ÷ 0.5 | |

Универсин является пылесвязывающим средством, применяемым для того, чтобы на автодорогах выполнить пылеподавление. Его разработка выполнена соответственно ВТУ-38-3028-75. Поставка вещества осуществляется с использованием железнодорожных цистерн, емкость которых равна 50-60 тонн. Средство находится в состоянии готовности к применению. Ему свойственна незначительная водовымываемость и отсутствие токсичности. Благодаря применению снижается уровень запыленности воздуха, вплоть до показателей, составляющих норму. Минимальный период действия равен 10 суткам, а максимальный 30 дням.

По утверждению автора, применение универсина необходимо выполнять

при распылении или розливе, для чего должен быть соблюден график. Так, наибольшая эффективность проводимых мероприятий обеспечивается при использовании по выходным и в то время, когда движение транспортных средств отсутствует.

До того момента, как обработка будет начата, с полотна должна быть удалена пыль и остатки грязи, после чего, оно должно просохнуть.

Только после того, как вещество впитается в покрытие, обработанная автодорога может эксплуатироваться. В среднем, на впитывание внутрикарьерными автодорогами отводится 30 мин., а внекарьерными – 3 часа.

Автор рекомендует использовать россыпь щебня по полотну, впитавшему универсин. Крупность щебня должна равняться 3-4 мм. На полотно в 100 кв.м необходимо 0.5 – 0.6 м³ щебня. Рассыпанный щебень необходимо уплотнить за счет автомобильного движения.

Если запыленность воздуха продолжает отмечаться, обработка должна быть проведена повторно.

Для первичной обработки требуется 2 л/м² раствора, а для повторной 0,5 л/м².

Количество дней полива автодорог в году составляет 230. При этом вполне достаточно одной поливочной машины с установкой УМП-1 20000 м²/ч, чтобы обеспечить среднесменные показатели. Максимальная сменная производительность равна 9260 м².

Определение норм расходования средств обеспыливающего типа, выполняется исходя из конкретной ситуации, чему сопутствует опытная проверка. На этот показатель влияют погодные условия, материал покрытия, интенсивность движения.

Показатель ориентировочных нормативов, а также продолжительности действия средств, отражен в таблице 4.5.

Таблица 4.5. - Значения продолжительности обеспыливающего действия различных материалов (при первой обработке) [34]

| Материал | Единица измерения | Норма расхода на 1 м ² щебеночного покрытия | Срок эффективного действия, сут. |
|--|-------------------|--|----------------------------------|
| Сульфитный щелок (10%-ной концентрации) | л | 3.5 ÷ 5.0 | 10 – 15 |
| Кальций хлористый технический | | | |
| а) плавленный | кг | 0.7 ÷ 1.0 | 10 – 20 |
| б) кальцинированный | кг | 0.6 ÷ 0.7 | 10 – 20 |
| Кальций хлористый ингибированный фосфатами (ХФК) | кг | 0.7 ÷ 0.8 | 15 – 25* |
| Техническая соль сильвинитовых отвалов (твердая) | кг | 1.2 ÷ 1.6 | 12 – 15 |
| Лигносульфаты технические (марка 50%-ной концентрации) | л | 1.4 ÷ 1.8 | 15 – 20 |
| Лигнодор | л | 1.4 ÷ 1.87 | 20 – 40 |
| Жидкие битумы и дегти | л | 0.7 ÷ 1.07 | 15 – 45 |
| Сырые нефти | л | 0.7 ÷ 1.0 | 15 – 45 |
| Битумные эмульсии | л | 1.0 ÷ 1.3 | 15 – 45 |

Если проводится повторная обработка, расходование материалов обеспыливающего типа вдвое меньше. Она выполняется после того, как пылеобразование проявляется вновь.

Щебеночные покрытия покрываются за счет пропитки или смешения [44].

Как способ, пропитка применяется в ходе содержания автодорог. Смешением пользуются тогда, когда проводят их ремонт.

На дорожном полотне, которое будет пропитываться, проводится профилирование автогрейдером. Это обеспечивает ровность.

При использовании разливаемых материалов, необходимо учесть температуру, при которой впитывание будет нормальным. Температурные параметры отражены в таблице 4.6.

Таблица 4.6. – Технологические параметры розлива обеспыливающих материалов на дорожное покрытие [117]

| Материал | Марка | Температура розлива, °С |
|---|----------|-------------------------|
| Сырая нефть | | 10 – 25 |
| Лигнодор | | 30 – 70 |
| деготь | Д-2 | 50 – 60 |
| деготь | Д-1 | 25 – 50 |
| Разжиженные нефтяные битумы | | 50 – 70 |
| Битумные эмульсии | анионные | Подогрев отсутствует |
| Технический лигносульфанат (50%-ной концентрации) | В | 30 – 70 |
| Сульфитный щелок | | Подогрев отсутствует |

Последовательность, в которой должны распределяться твердые гигроскопические соли, представлена в:

- разлитии воды $0.5 \div 2$ л/м² (если покрытие сухое);
- распределении твердых частей соли на поверхности, с использованием нормативов, определенных в таблице 4.7.

Таблица 4.7. - Параметры применения рассолов разной концентрации [10]

| Вид рассола | Концентрация | | Температура, °С |
|-------------------|--------------|----|-----------------|
| | г/л | % | |
| Хлористонатриевый | 166 | 15 | -11.0 |
| | 170 | 15 | -10.0 |
| | 230 | 20 | -16.0 |
| | 238 | 20 | -17.0 |

Если отмечаются более низкие температуры, при обработке дорог должны быть использованы песок (щебень), относящиеся к фрикционным материалам. Нормы их расходования отражены в таблице 4.8 и выполнены из расчета площади покрытия, равной 100 м².

Таблица 4.8. – Фактические нормы расхода фрикционных материалов, м³

| Объем фрикционного материала на 100 м ² покрытия | Условия дорожного движения |
|---|---|
| 0.5 ÷ 0.7 | Участки с кривыми малого радиуса и значительными уклонами |
| 0.2 ÷ 0.4 | Прямой горизонтальный участок или с уклоном до 5% |

$$S^2_{AD} = \frac{\sum_{i=1}^k (Y_i - Y)^2}{k - 6} \quad (4.8)$$

$$F_{(расч)} = 9.26 > F_{0.05:8:3} = 8.84$$

Исходя из значения $F_{(расч)} > F_{0.05:8:3}$ состоялось признание уравнения регрессии адекватным экспериментальным данным, если уровень значимости составляет 0,05.

4.5. Технология пылеподавления при бульдозерных работах

Определенные затруднения возникают в то время, когда обеспыливание проводится в местах проведения бульдозерных работ. Сложности отмечаются при работе с гидроустановками. Они связаны с тем, что подлежащая орошению площадь является большой. Чтобы справиться с такой задачей, требуется одновременная работа нескольких поливочных машин, большой объем воды. Негативное последствие такой обработки выражено в высоком испарении. Минимизировать потери и сделать работу более эффективной можно за счет использования гидрообеспыливающей системы, которая будет работать автономно. Она может быть использована в качестве оборудования бульдозера. По своему внешнему выражению она представляется в виде гидроустановки, размещаемой прямо на технике [5].

Составляющими элементами такого устройства выступают два бака, емкость каждого из которых составляет $1,6 \text{ м}^3$. Подача воды в направлении насоса СЦВ-45 выполняется при прохождении через фильтр самоочищающегося типа. Далее она направляется к водяной завесе, что предполагает ее прохождение через прорезиненные шланги. Обеспечить передвижение призвана их высоконапорность.

Технически, водяной завесой выступает труба с 50 мм диаметром. У нее имеется 6 форсунок, размещение которых проводится на одном и том же расстоянии. Вода, подаваемая в баки, помещена в цистерны поливочных машин БелАЗ-540. Им свойственна скошенная форма, что позволяет машинисту обеспечить требуемый их обзор, для чего используется смотровое окно заднего типа.

Насос выступает устройством, отвечающим за подачу воды в направлении форсунок. Его включение и отключение выполняет машинист, находящийся в кабине. При этом остановка машины не требуется. Показатель обеспыливания в 85 – 90 % может быть достигнут, если работает 6 форсунок, расходующих 19.2

л/мин.

Так, уровень запыленности, находящийся на уровне 12.6 мг/м³., сокращается до 1.26 мг/м³. Как результат, показатель ПДК не является нарушенным. В среднем, за смену затрачивается 110 м³ воды.

Некоторые литературные источники содержат рекомендацию о проведении расчета ПДВ исходя из того, что 250 мг/с является показателем, указывающим на то, какой интенсивности является пылевыделение при работе такого оборудования.

Автор выделил отдельную формулу, позволяющую определить показатель интенсивности пылевыделения в случае, когда выполняется загрузка ковша или бульдозер самостоятельно выполняет перемещение горных пород:

$$\mu = K_S \omega V_m K_n K_V, \text{ г/с}, \quad (4.9)$$

где: K_S - коэффициент обновления породы впереди рабочего органа в призме волочения, $K_S = 25$ для бульдозера;

K_n - коэффициент, учитывающий значение влажности транспортируемой горной массы (см. табл. 4.9.);

K_V - коэффициент, учитывающий значение скорости ветра у источника (см. табл. 4.10.);

ω - удельная сдуваемость пыли с поверхности призмы волочения, определяется по формулам [23] (ω_1 - при $V < 9$ м/с ; ω_2 - при $9 \leq V \leq 15$ м/с) может быть определена по табл. 4.11.;

V_m - удельный объем, образуемый перемещаемой поверхностью призмы волочения, м³/с.

Таблица 4.9. – Фактическое значение K_n (зависящее от влажности) [78 – 83]

| Коэффициент K_n | Влажность горной массы, % |
|-------------------|---------------------------|
| 0.7 | Менее 3.1 – 5.0 |
| 0.4 ÷ 0.6 | 5.0 – 8.0 |
| 0.2 ÷ 0.01 | 8.1 – 10 |

Таблица 4.10. – Фактическое значение коэффициента K_v (в зависимости от величины скорости ветра) [69, 146]

| Значение скорости ветра, м/с | Коэффициент K_v | Скорость ветра, м/с | Коэффициент K_v |
|------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 2.3 ÷ 2.6 | 12.1 ÷ 16.0 | < 2 | 1.0 |
| 2.6 ÷ 3.0 | 16.1 ÷ 20.0 | 2.1 ÷ 7.0 | 1.2 ÷ 1.4 |
| 3.0 | > 20 | 7.1 ÷ 12.0 | 1.7 ÷ 2.0 |

Таблица 4.11. - Значение величины ω [78 – 83]

| Складируемый материал | Значение ω , г/см ² |
|---|---------------------------------------|
| Известняк | 0.003 |
| Уголь, гипс, мел | 0.005 |
| Сухие глинистые материалы | 0.004 |
| Хвосты асбестовых фабрик, песчаник, известь | 0.005 |
| Щебень, песок, кварц | 0.002 |
| Клинкер, шлак | 0.002 |

Для бульдозера V_m определяется по следующей формуле:

$$V_m = hbv_p \quad (3.10)$$

где: h - высота лемеха бульдозера или призмы волочения, м;

$b = (1,05 \div 1,01)b_o$, - ширина резания призмы волочения, м: где b_o - ширина ножа бульдозера;

v_p - рабочая скорость резания породы, м/с.

В табл. 4.12. представлены результаты возможной интенсивности пылевыведения при выемке пород бульдозером. При демонстрации данного

примера используется ряд постоянных значений:

$$K_v = 1,2; K_n = 0,7; \omega = 0,003 \text{ г/см}^2.$$

Таблица 4.12. - Пример расчета интенсивности пылеобразования [7]

| Оборудование | $V_{nn}, \text{ м}^3/\text{с}$ | $v_p, \text{ м/с}$ | $M, \text{ г/с}$ | $b, \text{ м}$ | $h, \text{ м}$ |
|--------------------|--------------------------------|--------------------|------------------|----------------|----------------|
| Бульдозер ДЗ – 118 | 6.68 | 1.0 | 0.421 | 4.31 | 1.55 |
| Бульдозер ДЗ – 110 | 4.16 | 1.0 | 0.262 | 3.2 | 1.3 |

4.6 Технология пылеподавления на промплощадках

Чтобы минеральная пыль закреплялась на осыпи обнажений, возникающей на отвалах, необходимо применять 0,2 % раствор полиакриламида. Это же вещество подойдет и для хвостохранилищ. Определение его рецептуры было выполнено в то время, когда автор проводил исследовательскую работу.

Так, была выполнена обработка поверхностей хвостов, находящихся в пользовании обогатительной фабрики, а также отвалов, в которых размещаются подлежащие вывозу пустые породы и руды не соответствующие кондиции. В среднем, участок по площади был равен 20 м². Он был разделен на две половины.

Чтобы определить регламент, по которому будет выполняться покрытие, обработка поверхности одного участка выполнена с использованием 0,25 % раствора полиакриламида. Для обработки второй части была использована полиалкилбензольная смола АБ. Чтобы 1 м² поверхности был обработан, использовалось 6,5 кг раствора полиакриламида составил 6,5 кг, а также 2,5 кг полиалкилбензольной смолы АБ [10].

Использование общего наименования анионного полиакриламида осуществляется в отношении макромолекул, молекулярная масса которых является большой. К их числу относится синтезированная свободно-радикальная

полимеризация акриламида и анионная сомономера.

По своей структуре молекулы полиакриламида являются гибкими и цепочными. Они представляются в виде неупорядоченных ветвей, находящихся во взаимодействии с ионами.

Изменение плотности и молекулярного веса характерно заряду полиакриламида. Этот показатель может быть равен 0 – 100 %.

Показатель молекулярной массы рассматриваемого вещества находится в зависимости от того, какая концентрация вещества, инициирующего реакцию, применяется. На рис. 4.9. представлено варьирование молекулярного веса полиакриламида.

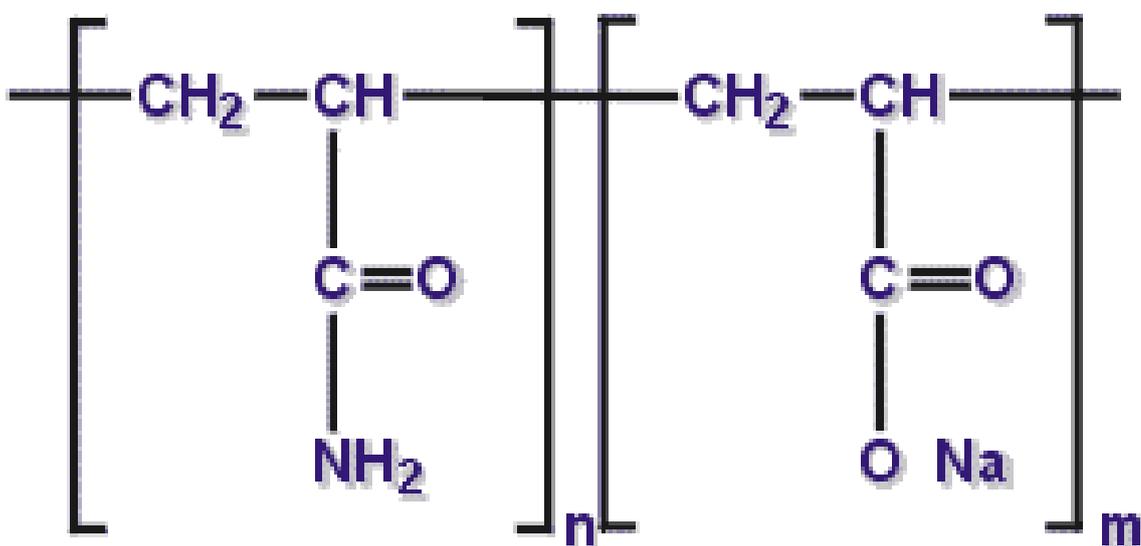


Рисунок 4.9. - Химическая структура полиакриламида

Прослеживается прямая зависимость молекулярного веса, свойственного веществу, от того, какая степень свойственна гидролизу. В то время, когда молекулярный вес сочетается с ионным зарядом, водный раствор становится очень вязким. Это свойство присуще полимерам.

Проведенное исследование позволило установить эффективность реагента, используемого для покрытия поверхностей, подверженных запылению.

Обработка кварцевой пыли раствором полиакриламида приводит к образованию на поверхности зерен загрузки полимерной пленки и придает

зернам положительный заряд. При обработке кварцевой пыли активированным раствором флокулянта (по сравнению с обычным раствором флокулянта) имеет место более высокое изменение ее ξ -потенциала.

В результате того, что вода испаряется, на поверхности грунта, который был обработан, происходит возникновение корки, отличающейся прочностью и водонепроницаемостью. Образование пленки не происходит там, где обработка была выполнена с использованием смолы АБ. В то же время, связанное состояние поверхности отмечается. Оказание механического воздействия отражается на покрытии, в особенности, если раствор ПАА был использован для его обработки.

Признаем, что показатель эффективности и периода, в течение которого раствор является закрепленным на поверхности, находится в зависимости от ее структуры. Высокая надежность и стойкость поверхностей, свойственных нагорным предприятиям, позволят использовать смолу АБ.

Представленный способ рекомендован и для обработки тех мест, которые подвержены влиянию ветра и динамическому воздействию. Такой вывод обоснован простотой обработки и низкой ее стоимостью.

Соматическая токсичность не свойственна анионному полиакриламиду, что указывает на отсутствие воздействия, осуществляемого в отношении микроорганизмов и тех организмов, которые обитают в воде.

Научные литературные источники широко описывают чувствительность, свойственную полиакриламиду, возникающую в то время, когда на него воздействуют ультрафиолетовые лучи. В результате фотолиза разрушается полимерная цепь, образуются мелкие молекулы, бактериальное усвоение которых является высоким.

Так, последние исследования, финансируемые SNF-Floerger, продемонстрировали, что фотолиз с последующей аэробной и анаэробной обработкой приводит к эффективной минерализации полимера. Эти исследования показали, что полимеры акриламида способны к природному

разрушению и биоразложению, они не накапливаются и не удерживаются в окружающей среде.

Исходя из результатов оценивания геоэкологических рисков, окружающая среда не может пострадать от воздействия полиакриламида. Соответствующие выводы были осуществлены Управлением по обработке сточных вод Нидерландов.

Еще одно исследование было подготовлено Управлением охраны окружающей среды Великобритании, в котором сделано детальное заключение, что анионный полиакриламид, подобно другим органическим полиэлектролитам, не является приоритетным для размещения в Стандартах качества Окружающей среды и акриламид незначительно влияет на окружающую среду.

4.7 Технология пылеподавления на бункерном хозяйстве комплекса

В применяющихся технологиях добычи полиметаллических руд поверхностный комплекс содержит бункер руды и вывозимые на отвал породы. При этом формируются грузопотоки, которые направляются на переработку, хранение, складирование. Перевозка горной массы из бункеров, зачастую, осуществляется с использованием автосамосвалов. В некоторых случаях, может быть использован конвейерный транспорт. Это позволяет выполнить доставку массы к дробильно-сортировочному узлу и к тому участку, где находятся отходы и выполняется управление ими.

Выше было отмечено, что бункерному хозяйству свойственно высокое пылегазовыделение. Это связано с проведением на нем непрерывного процесса, при котором перемешиваются и перебрасываются большие массы руд и пород.

Наличие остаточных взрывных газов также может выступать причиной того, что у лиц, входящих в водительский и люковый состав, возникает

отравление.

Со стороны автора была проведена разработка способов, позволяющих нейтрализовать пыль и газы в рамках бункерного хозяйства. Для этого должен быть использован пенный метод, а также аспирация, подавляющая пыль.

В то время, когда руда загружается в бункер, она может быть обработана многократной пеной. Это обеспечивает прочность и продолжительность связки частиц пыли, что сокращает вероятность образование пыли и газа при проведении иных операций [28, 44, 48].

Пена, применяемая на Архонском руднике, действие которой происходит 30 мин., выступает тем эффективным способом, который связывает пыль при проведении работ погрузочно-разгрузочного характера. Кроме того, она выступает способом предупреждения пылегазовыделения от руды, доставка которой происходит к обогатительной фабрике в самосвалах.

Установка, генерирующая пену, монтируется на монтажную площадку, которая находится на рудном опрокидывателе. Ее размещение происходит между нижней и верхней площадкой, что весьма органично.

Рассматриваемая установка обычно снабжена вентилятором Ц4-70 №4, имеющим двигатель, мощность которого равна 4 кВт. В течение минуты он выполняет 1,4 тыс. оборотов. Его диаметр равен 240 мм. Нержавеющая сетка использована при производстве кассеты, размещаемой наряду с распределительной насадкой в диффузоре. Смеситель используют для подготовки пенораствора. Водопроводная магистраль используется для подачи воды.

Эжектор создает разрежение, за счет которого действует пенообразователь. Так происходит поступление пены из емкости, которая для этого специально отведена. По своему объему она равна 1,5 м³. Для регулирования процесса поступления пенообразователя предусмотрен клапан.

Последнему свойственно наличие электромагнитного привода и защелки, блокировка которого происходит наряду с электродвигателем. Блокировка вентилятора происходит тогда, когда вагонеточный опрокидыватель

включается.

Наличие дросселя призвано регулировать подачу воздуха к вентилятору. Чтобы поток пены имел определенную направленность, поворотное колесо предусмотрено на пенопроводе.

Клапан позволяет регулировать количество подаваемой пены. Оно находится в прямой зависимости от того, насколько интенсивно разгружается горная масса. Дроссель, размещенный в воздуховоде, позволяет регулировать устойчивость ее подачи.

Редукционный клапан является тем устройством, при помощи которого пенораствор подается в регулируемом объеме. Он устанавливается на водопроводную магистраль. Кроме того, такая регулировка может быть выполнена за счет подбора сопел, имеющих разный диаметр.

Пенообразователь базируется на применении химического вещества ПО-1 (ГОСТ 69-48-54), которое является продуктом нефтепереработки, обладающий плотностью $1,12 \text{ г/см}^3$. В составе такой жидкости находится керосиновый контакт (контакт Петрова) – $84+3 \%$, костный клей (желатин) – $4,5+1 \%$, этиловый спирт-сырец – $11+1 \%$ и каустическая сода – $0,5 \%$.

Образование пылеподавляющей пены основано на взаимосвязи веществ, характеризующихся существенными поверхностно-активными показателями. При этом, подавляющая часть составных элементов, входящих в ее структуру, находится в виде растворенных в воде солей и кислот натриевого и сульфанафтенного типа соответственно.

Признак стойкости пене придается за счет костного клея. Пенообразователь нейтрализуется за счет каустической соды. Наступление температуры минус $8 \text{ }^\circ\text{C}$ является условием к застыванию пенообразователя.

Пена, имеющая высокую кратность и стойкость, может быть получена при использовании ПО-1, раствор которого будет находиться в пределах $2-3 \%$. Выводы о сроке, в течение которого пена будет действовать, можно сделать исходя из показателя воздуха, который в ней содержится.

При работе опрокидывателя кругового типа, пенная струя направляется к

центру загружаемой руды. Такой процесс характеризуется перемешиванием. Происходит возникновение пленки на крупных фракциях.

Таблица 4.13. - Технологические параметры работы пеногенератора ПГ-5
(по данным автора)

| Параметр | Единицы измерения | Режим работы | Характеристика работы параметра |
|---|---------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Срок жизни пены | мин | | 30 |
| Кратность пены | раз | | до 500 – 600 |
| Расход пенораствора | л/мин | максимальный минимальный | 80 7 |
| Расход воды для получения 1 м ³ пены | л | | 0,6 |
| Производительность по пене | м ³ /мин | максимальный минимальный | 45 7 |
| Давление воды в водопроводной магистрали | МПа | | 0.5÷0.6 |
| Срок жизни пены | мин | | 30 |

Показатель эффективность пылеподавления за счет воздушно-механической пены, определяется исходя из пылеобразующей способности, влажности, качества смешения и прочих факторов. Наиболее значимым из них является показатель удельного расхода, который свойственен пенораствору. Из таблицы 4.14 следует, какие показатели запыленности возникают в то время, когда пенораствор в определенном количестве применяется в точках, где проводится мониторинг.

Таблица 4.14. - Запыленность воздуха в точках мониторинга после пенного пылеподавления на бункерном хозяйстве (по данным автора)

| Точка мониторинга | Значение запыленности воздуха, мг/м ³ | Величина расхода пенораствора, л/т |
|--|--|------------------------------------|
| Площадка загрузки руды в автосамосвалы | 1.95 | 7 |
| | 1.26 | 10 |
| | 0.95 | 13 |
| У воздухоприемной штольни | 2.0 | 7 |
| | 1.46 | 10 |
| | 1.00 | 13 |
| У пульта управления опрокидывателем | 4.63 | 7 |
| | 2.77 | 10 |
| | 1.10 | 13 |
| У пульта управления вибропогрузкой | 4.75 | 7 |
| | 2.80 | 10 |
| | 1.20 | 13 |

Представленные в рассмотренной таблице данные указывают, что достичь максимального снижения запыленности удастся тогда, когда пенораствор расходуется с показателем 13 л/т.

Степень морозоустойчивости проявляется в пенорастворе тогда, когда в него добавлено около 20 % веществ антифризного типа. Это позволяет выполнять применение вещества тогда, когда температура воздуха составляет до 20 °С ниже нуля.

Применение пылегазонейтрализующих средств в рамках бункерного хозяйства в зимнее время года, позволяет не только снизить объем пылевыведений в то время, когда работы производятся, но и не допустить смерзание руд [113].

Таблица 4.15 включает в себя показатели расхода соли, с учетом температурных колебаний.

Таблица 4.15. – Расход антифризных добавок, (г) (по данным автора)

| Антифризная добавка | Температура, °С | | | | |
|---------------------|-----------------|------|------|------|------|
| | – 10 | – 15 | – 20 | – 25 | – 30 |
| Соль | – 10 | – 15 | – 20 | – 25 | – 30 |
| <i>KCl</i> | 170 | 226 | 271 | 310 | 340 |
| <i>NaCl</i> | 160 | 230 | 290 | – | – |

Для определения интенсивности выбросов пыли г/с при разгрузке горной массы на бункерном хозяйстве предлагается расчетная формула, полученная экспериментальным путем:

$$M = ((K_{50} \cdot K_{\beta} \cdot K_{д} \cdot K_{W} \cdot K_{V} \cdot K_{h} \cdot K_{Z}) \cdot 10^6) / 3600, \quad (4.11)$$

где: K_{50} – весовая доля пылевой фракции (размером менее 50 мкм) горной массы, переходящей в атмосферу во взвешенном состоянии $K_{50} = 0.1 V_{-50/100}$, доли ед.;

V_{50} – массовое содержание частиц пыли мельче 50 мкм в горной массе %;

K_{W} – количественный коэффициент, учитывающий влажность перегружаемой горной породы;

K_{V} – количественный коэффициент, учитывающий скорость ветра у перегрузочного пункта;

$K_{д}$ – количественный коэффициент, учитывающий средний линейный размер кусков горной массы;

K_{β} – количественный коэффициент, учитывающий величину угла наклона приемной поверхности разгрузочной площадки, приемной плиты грохота;

K_{h} – количественный коэффициент, учитывающий величину высоты пересыпки материала;

K_{Z} – количественный коэффициент, учитывающий условия расположения источника.

4.8 Технология нейтрализации существующих на хвостохранилищах загрязнений

Отдельное значение в вопросах, связанных с обеспечением качества среды обитания, отводится хвостохранилищам, а также иным объектам такого типа. Это вызвано тем, что они способны воздействовать на окружающую среду [146].

Практика показывает, что увлажнение и осуществление закрепления поверхности при помощи химических методов, являются теми защитными мерами, которые способны предотвратить пыление хвостовых отложений.

Химические методы в представленной ситуации применены быть не могут в связи с тем, что протекающие на территории региона реки, являются водоемами водопользования рыбохозяйственного характера. В таком положении возникает потребность к поиску решений, способных при низких капиталовложениях обеспечить высокую степень экологической безопасности на тех территориях, где функционирует минеральный объект техногенного характера.

По мнению автора, верной стала бы реализация проекта, направленного на нейтрализацию загрязнений от хвостового хозяйства. В его основе лежит потребность использования местных ресурсов, предполагающая будущий переход к применению природоохранных технологий. Благодаря выполнению представленных условий, окружающая среда могла бы претерпевать лишь незначительный ущерб.

Со стороны диссертанта проведено рассмотрение последовательности экологизации и технологий, которые могут быть применены для того, чтобы провести пыленейтрализацию хвостового хозяйства, размещаемого на Фиагдонском руднике.

Образование пылящих поверхностей здесь происходит по той причине, что некоторые участки пляжа высыхают. Кроме того, их образование было отмечено на обратных откосах дамбочек, за счет которых хвостохранилище ограничено.

Показатель общей площади пляжа равен 40 тыс. м². Даже в период зимнего сезона на нем происходит пыление.

Чтобы выполнить действия, направленные на пылеподавление, было предложено выполнить строительство отдельной системы, в состав которой должны войти трубопроводы, имеющие гибкие отводы, а также насосная установка, снабженная двумя насосами ЦНС105-96, которая будет обеспечивать забор воды и ее подачу с той целью, чтобы пляж орошался.

Применение представленной системы характеризуется рядом недостатков, связанных с невозможностью увлажнения всей поверхности пляжа и потребности в использовании ручного труда для того, чтобы разбрызгивающие устройства могли быть переставлены в другое место.

Устранить недостатки удалось за счет реализации нового решения, предполагающего наличие дальноструйных дождевальными аппаратами. Они способны равномерно увлажнять территорию пляжа за счет работы по кругу или в пределах отдельных секторов.

При реализации технологии необходимо пользоваться дождевальными аппаратами ДД-30, характеристики которых находятся в пределах:

- 15 – 30 л/с – по показателю подачи воды;
- 50 – 70 м – в части рабочего напора и радиуса полива.

Определение количества требуемых аппаратов базируется на условии о том, что весь пляж должен быть увлажнен. Если исходить из того, что сектор обслуживания одного аппарата равен 125⁰ или 3,925 тыс.м², потребуется 10 устройств. Это число увеличивается до 15 механизмов, при условии потребности перекрытия смежных зон.

При проведении расчета можно установить, что показатель производительности, равный 30 л/с, позволяет выполнить смачивание пека на пляже в течение 4,5 мин., при условии, что слой смачивания составит 4 см.

Сев трав и высадка кустарников (деревьев), является основой исключения эрозий водного и ветрового характера. Рекомендовано использовать в этом направлении саженцы различных видов тополей, которые имеют двух-,

трехлетний возраст.

4.9 Технология пылеподавления пылевых потоков на отвалах и породоскатах

Свободные пойменные участки, террасы, подходящие для ведения хозяйственной деятельности, могут быть использованы в случае, если горные работы проводятся в условиях высокой стесненности. Проведение указанных работ нередко выполняется на горных склонах, которые являются породоспусками. При этом используется сила гравитации, позволяющая формировать в основании ущелий отвалы, в которых собираются пустые породы и пр.

После того, как горная масса скатилась по склону ущелья, на всей его поверхности выделяется тонкодисперсная пероральная пыль.

Выполнение наблюдений за Тырнаузским комбинатом позволило установить, что направление ветра снизу вверх выступает условием для получения большего объема таким источником, в результате чего происходит легкий переход границ Бокового ущелья, используемого в качестве породоотвального поля. Отметим, что захват пространства происходит стремительно.

С определенной периодичностью происходит спуск пылевого облака на Тырнауз. По своему месту расположения он находится в 5 км от Баксанского ущелья. Как результат, происходит такое пылезагрязнение, которое создает антисанитарные условия существования.

Отметим, что такие периоды характеризуются практически полным отсутствием видимости в течение 2-3 дней. В эти дни автомобилисты не могут передвигаться по дороге без включенных фар. Усиление пылевой токсичности происходит за счет воздействия газов, выделяемых автомобилями.

Показатель скорости ветра, которая отмечается в ущелье, может достигать

10-15 м/с. Учитывая то, что в нем отмечается естественная влажность, такого потока достаточно для того, чтобы сдувать пыль и образовывать пылевые облака. Только благодаря пылеудерживающим растворам, наносимым на поверхности, удастся предотвратить и снизить запыленность приземной атмосферы.

Проведение ряда экспериментов позволило выполнить оптимизацию схем пылеподавления, реализация которых выполняется в то время, когда работает автотранспорт или производится отвал вскрышных работ.

Применение комбинированных схем осуществляется для того, чтобы повысить эффективность борьбы, проводимой в отношении пыли. Такие схемы подразумевают использование комплекса средств, направленных на пылеподавление. Их применение подразумевает проведение гидроорошения откосов отвала при помощи размещенных на мачтах зонтичных оросителей. В зависимости от фактически существующих условий, может выполняться покрытие дорог при помощи полиакрилбензольной смолы АБ, что должно проводиться из расчета 2,5 кг на 1 м².

Высокий показатель эффективности пылеподавления в пределах отвала может быть достигнут за счет нанесения универсина, что выполняется на поверхностях площадок и скатов. Процесс нанесения предполагает применение установок УМП-1, которые выполняют оросительно-вентиляционные функции. Их работа позволяет подавлять поток пыли, при нахождении в одном положении, на отвале, площадь которого достигает 20 га.

По показателю дальности воздушных струй, которые распространяют универсин, он равен 450 м. Диаметр четырехлопастной воздушной струи составляет 3,6 м. Авиационный винт АВ-2, при помощи которой выполняется такая струя, устанавливается на автомобиле БелАЗ-548.

Изменение направлений, в которых распространяются воздушные струи, происходит как по горизонтали, так и по вертикали. Подача универсина происходит при прохождении средства через форсунки, которые расположены на ограждении винта и укреплены на нем. Двигатель автомобиля обеспечивает его вращение, а также работу насоса. Управление механизмом выполняется

лицом, находящимся за рулем.

В среднем, универсин действует от 10 до 30 дней, если его расход составлял $0,2 \text{ л/м}^2$. В течение всего времени, когда экспериментальные исследования проводились, полив был выполнен на 180 га.

В течение года отвал обрабатывается 15 раз, что обеспечивает пылеподавление в нем на протяжении 230 дней.

4.10. Выводы

1. В качества источников, которые выделяют пылевыведения в большом объеме, необходимо признать наличие пылящих поверхностей. К их числу относятся хвостохранилища, с их сухими пляжами, а также карьеры и отвалы, в части откосов и уступов. Количество подобных источников увеличивается там, где имеются горные условия. Это обосновано сдувом пыли с тех поверхностей, где она образуется естественным путем, проведением расчистки, эрозией и прочими факторами. Представленные факторы характеризуются весомым негативным воздействием по той причине, что они распространяются на больших площадях. Нарушение поверхности таких площадей, вызванное атмосферными условиями, является причиной усиления скорости проведения эрозионных процессов, в результате чего разрушение и пылеобразование ускоряется, а, вместе с ним, окружающая среда претерпевает негативное воздействие.

2. Было установлено, что массовая доля образования высокодисперсных (размером порядка 1 мк) частиц пыли на горных предприятиях, как правило, и количественное соотношение зависит от условий разрушения горного массива. Наночастицы такой пыли обычно состоят из 3-х слоев: поверхностного слоя, слоя оболочки и ядра. При этом образцы пылевых наночастиц ZnS, со средним диаметром (3.2–3.6 нм), обладают значительным внутренним беспорядком.

3. Проведение обработки материалами обеспыливающего типа, характеризуется высокой эффективностью противодействия образованию пыли

на автодорогах, имеющих щебеночное покрытие. Таким образом, происходит улучшение условий, требуемых для передвижения авто.

4. Определена рецептура пылегазонейтрализации, применение которой требуется в тех случаях, когда проводятся бульдозерные работы, а также выполняются мероприятия в тех обнажениях, которые имеют техногенное происхождение. Проведенные исследования выступают доказательством их эффективности, а также безопасности использования.

5. Подтвержденной является целесообразность применения воздушно-механической пены. В ее основе лежит пенообразователь ПО-1. Воздействие таковой влечет образование пылевых фракций на то время, в течение которого руда и порода доставляется в перевалочную базу. Представленный способ получил широкое признание при проведении погрузочно-разгрузочных работ.

6. Выполнено создание устройства, которое способно выполнять пылегазонейтрализацию. Представленное устройство (УМП-1) позволяет связывать пыль, при удельном расходе универсина в $0,2 \text{ л/м}^2$. Если факел находится в пределах 73° , а дальность струй – 450 м, производительность составляет 15 га.

7. Проведена разработка технологии, которая способствует обеспылеванию хвостохранилищ. Кроме того, определена схема, при которой происходит биологическая рекультивация тел, в случае, если хвостовое хозяйство, находящееся в горном ландшафте, законсервировано.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем диссертационном исследовании предпринята попытка решить актуальную научно-техническую задачу по выявлению и минимизации пылевого воздействия горно-перерабатывающих предприятий цветной металлургии на окружающую природную среду. В ходе работы был выработан ряд технических решений, основанных на итогах проведенного исследования воздействия разных факторов на распространение и осаждение минеральной пыли, выбрасываемых в приземную атмосферу горно-металлургическими предприятиями. Выявлена территория зараженной почвы по аномальным содержаниям свинца и цинка, неблагоприятная для дальнейшего использования. Установлен региональный фактор миграции вредных элементов (атмосферной) и возможного негативного влияния на вечные ледники (твердые запасы воды). Предложены эффективные и мобильно-информативные, нанотехнологические методы прогнозирования для горно-промышленных объектов Северного Кавказа, где перевозка геоматериалов осуществляется автотранспортными многотонниками. Доказано, что наиболее эффективная пылегазонейтрализация при проводке бульдозерных и погрузочно-доставочных работ обеспечивается путем применения универсина (при его расходе $0,2 \text{ л/м}^2$ поверхности).

Разработанные и предложенные методики в диссертации можно применять при составлении прогнозно-исследовательских, экологических карт не только России, но и в аналогичных территориях Кыргызстана (при разработке месторождений Кумтор, Талдыбулак, Жеруй и т.д.), Узбекистана (Зеравшан, Навои, Замберек и т.д.) и Казахстана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1. Абдувалиев, А.М.** Экологические методы пылеподавления на горнорудных предприятиях [Текст] / А.М. Абдувалиев // Известия ОшТУ, №2. 2012. С. 58-62.
- 2. Автоматическая система пылеподавления АСП** [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://ilma-mk.ru/product/avtomaticheskaya-sistema-pylerpodavleniya-aspire>
- 3. Агошков, М.И.** Подземная разработка рудных месторождений [Текст] / М.И. Агошков, Г.М. Малахов // Москва: Недра, 1996. – 663 с.
- 4. Акимова, Т.А.** Экология [Текст] / Т.А. Акимова, В.В. Хаскин // М.: ЮНИТИ – ДАНА.2000. – 566 с.
- 5. Алборов, И.Д.** Экология вредного воздействия добычи геоматериалов [Текст] / И.Д. Алборов, Ф.Г. Тедеева, М.З. Мадаева // ГИАБ № 6. 2007. – С. 157-160. – Режим доступа: https://www.giab-online.ru/files/Data/2007/6/9a_Alborov10_3kom.pdf
- 6. Алборов, И.Д.** Экология почвенного горизонта в районе деятельности рудников Северного Кавказа [Текст] / И.Д. Алборов, И.А. Богущ, Г.К. Макиев [и др.] - Владикавказ: Труды СКГМИ (ГТУ). Владикавказ, 2006. – с. 394 - 401
- 7. Алборов, И.Д.** Снижение запыленности на горно-технологических дорогах растворами химических реагентов [Текст] / И.Д. Алборов, А.Е. Воробьев, М.З. Мадаева // Журнал: "Химическая технология" 2010. Т 11. с. 252-255. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15277017>
- 8. Алборов, И.Д.** Методы оценки уровня воздействия объекта техносферы на окружающую среду [Текст] / И.Д. Алборов, М.З. Мадаева // Материалы 1-й Всероссийской научно - практической конференции, 19-21 сентября 2008.
- 9. Алборов, И.Д.** Полное использование добытых геоматериалов – основа повышения экологической безопасности эффективности получения металлов [Текст] / И.Д. Алборов, Ф.Г. Тедеева, М.З. Мадаева // ГИАБ № 6. 2007. – С. 154-

156. – Режим доступа: https://www.giab-online.ru/files/Data/2007/6/9a_Alborov10_3kom.pdf

10. Алборов, И.Д. Подавление пыли на технологических дорогах и автомагистралях горнодобывающей отрасли Северного Кавказа [Текст] / И.Д. Алборов, В.И. Сарбаев, М.З. Мадаева // Устойчивое развитие горных территорий. СКГМИ. 2011. С. 119-123. – Режим доступа: <http://naukagor.ru/Portals/4/2011/2011,%20%E2%84%964.pdf?ver=2020-07-31-001512-073>

11. Алборов, И.Д. Геохимия почвенного горизонта [Текст] / И.Д. Алборов, О.Д. Сосунова, М.З. Мадаева // Журнал: Экология и промышленность России. №6. 2009. С. 110-114.

12. Алборов, И.Д. Загрязнение почв в районе добычи полиметаллических геоматериалов и их влияние на растительные сообщества [Текст] / И.Д. Алборов, О.Д. Сосунова, М.З. Мадаева // Экология и промышленность России. 2009. С. 17. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12775171>

13. Алборов, И.Д. Критерии оценки абиотических составляющих экосистемы [Текст] / И.Д. Алборов, С.А. Суншев, М.З. Мадаева // Владикавказ. Труды СКГМИ (ГТУ), 2006. – С. 11.

14. Алборов, И.Д. Критерии оценки экологичности производства [Текст] / И.Д. Алборов, С.А. Суншев, Г.К. Микиев // Труды Северо-Кавказского горно-металлургического института (ГТУ), - Владикавказ. 2006. №4 – с.31-33

15. Алборов, И.Д. О критериях оценки экосистемы [Текст] / И.Д. Алборов, С.А. Суншев, М.З. Мадаева // Труды Северо-Кавказского горно-металлургического института (ГТУ) - Владикавказ. 2006. - с. 7-12.

16. Алборов, И.Д. Прогнозирование состояния экосферы горного региона [Текст] / И.Д. Алборов, С.А. Суншев, М.З. Мадаева // Владикавказ: Труды СКГМИ (ГТУ). Терек, 2007.

17. Алборов, И.Д. Исследование качества стоков реки Терек [Текст] / И.Д. Алборов, К.В. Тедеев, М.З. Мадаева // Материалы XI ежегодных научных чтений Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности

(МАНЭБ) – Новочеркасск. 2007.

18. Алборов, И.Д. Особенности распространения загрязняющих веществ в атмосфере горных и предгорных районов [Текст] / И.Д. Алборов, Ф.Г. Тедеева, М.З. Мадаева // Вестник МАНЭБ. т.12 №3. С-ПБ. 2007. С. 6-8.

19. Алборов, И.Д. Трансформация природной среды под влиянием горноперерабатывающего комплекса в условиях среднегорья Центрального Кавказа [Текст] / И.Д. Алборов, К.В. Тедеев, М.З. Мадаева [и др.] // ГИАБ, № 3. 2018. С. 98-105. – Режим доступа: https://giab-online.ru/files/Data/2018/3/98_105_3_2018.pdf

20. Алборов, И.Д. Анализ методов эколого-геохимической оценки промышленной зоны горной Осетии [Текст] / И.Д. Алборов, Ф.Г. Тедеева, М.З. Мадаева [и др.] // Горный информационный аналитический бюллетень (ГИАБ) № 6. 2007 – с. 149-153 – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-metodov-ekologo-geohimicheskoy-otsenki-promyshlennoy-zony-gornoj-osetii>

21. Алборов, И.Д. Состояние экосферы в зоне деятельности объектов активной минерализации [Текст] / И.Д. Алборов, К.В. Тедеев, С.А. Суншев [и др.] // Материалы XI ежегодных научных чтений МАНЭБ. – Новочеркасск. 2007.

22. Алборов, И.Д. Воздействие техногенных ландшафтов горнодобывающего генезиса на экосферу региона / И.Д. Алборов, Г.З. Харебов, М.З. Мадаева // Грозный, Материалы 1-го кавказского международного экологического форума, 2013.

23. Берлянд, М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы [Текст] / М.Е. Берлянд // Ленинград: Гидрометиздат. 1975. – 448 с.

24. Берлянд, М.Е. Моделирование атмосферы выбросами из низких холодных источников [Текст] / М.Е. Берлянд, Е.Л. Геникович, Я.С. Кинчан [и др.] Метеорология и гидрология. - № 5. 1990. С. 5-16.

25. Берлянд, М.Е. О расчетах среднегодовых концентраций примеси в атмосфере от промышленных источников [Текст] / М.Е. Берлянд, Е.Л. Геникович, Я.С. Капчан [и др.] // Труды Главной геофизической обсерватории

им. А. И. Воейкова. Вып. 417. Л.: 1979. – с. 140.

26. Брылов, С.А. Пылеподавление с использованием воздушно-механической пены [Текст] / С.А. Брылов, А.Г. Гаранов // Безопасность труда в промышленности. №2. 1972, С. 24 – 27.

27. Бясов, К.Х. Агрэкономическое районирование территории РСО-Алания [Текст] / К.Х. Бясов, В.А. Олисаев, В.С. Цагин // Владикавказ: Минприроды, 1999. – 20 с.

28. Вейцер, Ю.И. Влияние знака электрического заряда загрузки и взвешенных веществ на процесс фильтрования [Текст] / Ю.И. Вейцер, З.А. Колобова, Г.М. Сафонова // М.: Научные труды Академии коммунального хозяйства имени К. Д. Памфилова (АКХ). Т. 97. ОНТИ АКХ, 1974. - с. 33-42.

29. Вернадский, В.И. Размышления натуралиста. Научная мысль как планетарное явление [Текст] / В.И. Вернадский // Москва: Наука, Книга 2., 1977. - с. 198.

30. Воробьев, А.Е. Анализ основных свойств наночастиц железа [Текст] / А.Е. Воробьев, К.А. Воробьев, Чжан Ляньцзы [и др.] // Самара: Сборник статей по материалам XIV международной научно-практической конференции от 04 февраля. Ч. 1. 2019. С. 73-90.

31. Воробьев, А.Е. Проблема мышьяка в питьевых водах: от юго-восточной Азии до Северного Кавказа [Текст] / А.Е. Воробьев, К.А. Воробьев, К.Л. Щесняк [и др.] // Грозный: X Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» Том X Часть 2. 14-16 октября 2020 2020. С. 285-291.

32. Воробьев, А.Е. Пути развития горнодобывающего и перерабатывающего комплекса Северо-Кавказского региона [Текст] / А.Е. Воробьев, Д.П. Лобанов // Владикавказ: Изд. СКГМИ «Терек», 1999. 398 с.

33. Воробьев, А.Е. Геологическое строение высокогорной части республики Северная Осетия [Текст] / А.Е. Воробьев, М.З. Мадаева // Материалы XI Международной конференции. Ответственный редактор А.Е. Воробьев. 2012. с. 375-376.

34. Воробьев, А.Е. Снижение запыленности на горно-технологических дорогах растворами химических реагентов [Текст] / А.Е. Воробьев, М.З. Мадаева, И.Д. Алборов // Химическая технология №4, 2010. – С. 252-255.

35. Воробьев, А.Е. Применение химических реагентов для пылеподавления на горнопромышленных дорогах в условиях нагорных территорий [Текст] / А.Е. Воробьев, М.З. Мадаева // "Лазеры. Измерения. Информация". Т. 3. СПб. Издательство Политехнического ун-та. 2010. С. 169-174.

36. Воробьев, А.Е. Пылевая нагрузка от горнотехнических дорог Северного Кавказа на биосферу [Текст] / А.Е. Воробьев, М.З. Мадаева // М.: Материалы III международной конференции "Горное, нефтяное, геологическое и геоэкологическое образование в XXI веке", Москва - Горно-Алтайск- РУДН, 2008. с. 172-174.

37. Vorobiev, A.E. Research of the influence of dust connection on the lithosphere and reduction of dust on technological roads [Text] / A.E. Vorobiev, M.Z. Madaeva, A.A. Hodgaev // Наука. Образование. Техника. № 3. – Ош (Кыргызстан), КУУ. 2020. - С. 11-19. – Режим доступа: <https://drive.google.com/file/d/1i1KmYAXJ3BGXNWSkt9DEXcO7Mgh7Ne2o/view>

38. Воробьев, А.Е. Патент 2713796 Российская федерация, МПК51 В 65 G 5/00, G 21 F 9/24 Способ захоронения жидких стоков в геологической среде [Текст]/ А.Е. Воробьев, М.З. Мадаева, К.А. Воробьев [и др.] // ФГБОУ ВПО «ГГНТУ имени акад. М.Д. Миллионщикова» заявл. 13.06.18; опубл. 07.02.20, Бюл. №4 – 6 с.: ил. – Режим доступа: https://viewer.rusneb.ru/ru/000224_000128_0002713796_20200207_C2_RU?page=1&rotate=0&theme=white

39. Воробьев, А.Е. Патент 2710155 Российская федерация, МПК51 В 65 G 5/00, E 02 D 29/00 Способ захоронения жидких отходов [Текст] / А.Е. Воробьев, М.З. Мадаева, К.А. Воробьев [и др.] // ФГБОУ ВПО «ГГНТУ имени акад. М.Д. Миллионщикова» заявл. 15.06.18; опубл. 24.12.19, Бюл. №36 – 12 с.: ил. – Режим доступа:

https://viewer.rusneb.ru/ru/000224_000128_0002710155_20191224_C2_RU?page=1

&rotate=0&theme=white

- 40. Воробьев, А.Е.** Анализ основных свойств наночастиц железа [Текст] / А.Е. Воробьев, М.З. Мадаева, К.А. Воробьев [и др.] // Уфа: Сборник статей по материалам XIV международной научно-практической конференции (04 февраля 2019 г., г. Самара). В 3 ч. Ч.1 / Изд. Дендра, 2019. С. 73-89.
- 41. Воробьев, А.Е.** Определение пылезагрязнения на горных предприятиях [Текст] / А.Е. Воробьев, М.З. Мадаева, Гуань Кай [и др.] // Караганда.: Труды международной научной конференции "Наука и образование – ведущий фактор стратегии Казахстан-2030" 24-26 июня 2010. Часть 3. КарГТУ. 2010. С. 209.
- 42. Воробьев, А.Е.** Пылеподавление при транспортировке горной массы, добыче [Текст] / А.Е. Воробьев, В.С. Побыванец, М.З. Мадаева // М.: Материалы VIII международной конференции. Российский университет дружбы народов; Ответственный редактор: А.Е. Воробьев. 2009. С. 351-354.
- 43. Воробьев, А.Е.** Возможности снижения пыления на горно-технологических дорогах [Текст] / А.Е. Воробьев, В.С. Побыванец, М.З. Мадаева // М.: Материалы VIII международной конференции. Российский университет дружбы народов; Ответственный редактор: А.Е. Воробьев. 2009. с. 361-367.
- 44. Воробьев, А.Е.** Модель устойчивого развития горноперерабатывающих районов Северного Кавказа и промышленная безопасность [Текст] / А.Е. Воробьев, В.С. Побыванец, М.З. Мадаева и др. // М.-Ереван.: Труды VII Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». 2008. с. 150.
- 45. Воробьев, А.Е.** Снижение экологической нагрузки от пыления на горнотехнических дорогах Северного Кавказа как фактор промышленной безопасности региона [Текст] / А.Е. Воробьев, В.С. Побыванец, М.З. Мадаева [и др.] // М. - Ереван.: Труды VII Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». 2008. С. 283.
- 46. Воробьев, А.Е.** Экологическая нагрузка от горноперерабатывающих предприятий Северокавказского региона и обеспечение его промышленной

безопасности [Текст] / А.Е. Воробьев, В.С. Побыванец, М.З. Мадаева [и др.] // М.: Материалы III Международной конференции «Горное, нефтяное, геологическое и геоэкологическое образование в XXI веке», Москва - Горно-Алтайск, 2008. РУДН, 2008. – С. 182-185.

47. Воробьев, А.Е. Определение пылезагрязнения на горных предприятиях [Текст] / А.Е. Воробьев, В.С. Побыванец, М.З. Мадаева // М.: Материалы VIII Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» РУДН, 2009. – С. 397-400.

48. Воробьев, А.Е. Методические аспекты снижения пылезагрязнения для обеспечения промышленной безопасности горных ландшафтов Северного Кавказа [Текст] / А.Е. Воробьев, В.С. Побыванец, М.З. Мадаева [и др.] // М.: Материалы III международной конференции «Горное нефтяное, геологическое и геоэкологическое образование в XXI веке». М.-Горно-Алтайск. 2008. С. 176.

49. Воробьев, А.Е. Человек и биосфера: глобальное изменение климата [Текст] / А.Е. Воробьев, Л.А. Пучков // М.: Ч. I-я. Изд-во РУДН. 2006. 442 с.

50. Воробьев, А.Е. Человек и биосфера: глобальное изменение климата [Текст] / А.Е. Воробьев, Л.А. Пучков // М.: Ч. II. Изд-во РУДН. 2006. 468 с.

51. Воробьев, А.Е. Охрана воздушного бассейна при разработке месторождений щебня в Казахстане [Текст] / А.Е. Воробьев, А. Роман, М.З. Мадаева // Новороссийск: Труды XIX Международной конференции «Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии и геоэкологии – 2011» посвященной 50-летию создания газоразрядных лазеров. 12-16 сентября 2011. Новороссийский политехнический институт. 2011. С. 145-146.

52. Воробьев, А.Е. Лабораторное моделирование гидропылегазонейтрализации в целях снижения экологической нагрузки от горнотехнических дорог Северного Кавказа [Текст] / А.Е. Воробьев, И.В. Соколов [и др.] // М.: Материалы III международной конференции «Горное нефтяное, геологическое и геоэкологическое образование в XXI веке». -Горно-Алтайск. 13-17 Октября 2008. С. 87-92.

53. Воробьев, А.Е. Структурно-петрографические свойства горных пород

высокогорных территорий и особенности загрязнения подземных вод [Текст] / А.Е. Воробьев, О.Ш. Шамшиев, М.З. Мадаева // Бишкек (Кыргызстан): ИЦ «Техник». 2013. 176 с. (ISBN 978-9967-12-322-9).

54. Воронина, Л.Д. Поверхностное натяжение жидкости как мера смачивания пыли [Текст] / Л.Д. Воронина, В.В. Кудряшов, М.К. Шуринова // М.: Сборник «Вопросы борьбы с рудничной пылью и газами». Изд. ААСССР. 1972. – С. 113-115.

55. Воробьев, А.Е. Экспериментальные исследования влияния высокогорных условий рудников и электрических сил на пылезагрязнение территорий [Текст] / А.Е. Воробьев, М.З. Мадаева // Известия ВУЗов Кыргызстана N 12. 2019. С. 25-30.

56. Воробьев, А.Е. Технологиялык жолдордогу чандуулуктун литосферага корсоткон таасирин изилдоо жана чанды томондоо жолдору [Текст] / А.Е. Воробьев, О.Ш. Шамшиев, М.З. Мадаева // Вестник Жалал-Абадского государственного университета им. Б. Осмонова № 2. 2020.

57. Воробьев, А.Е. Основные факторы, определяющие эффективность формирования и освоения техногенных объектов при открытой разработке рудных месторождений [Текст] / А.Е. Воробьев // Технология добычи и усреднения руд на месторождениях Средней Азии. – Фрунзе: Илим, 1989. – С. 121–124.

58. Воробьев, А.Е. Техногенные объекты и их группировка. Технология добычи и усреднения руд на месторождениях Средней Азии [Текст] / А.Е. Воробьев // Фрунзе: Илим, 1989. – с. 111-121.

59. Воробьев, А.Е. Методы и методика изучения и оценки техногенных минеральных объектов [Текст] / А.Е. Воробьев, Т.В. Чекушина, И.Л. Капитонова [и др.] // Естественные и технические науки. 2013. № 6 (68). С. 181-183.

60. Воробьев, А.Е. Способы и методы формирования техногенных минеральных объектов при открытой разработке сложно структурных месторождений [Текст] / А.Е. Воробьев, Т.В. Чекушина // М.: ЦНИИЦВЕТМЕТ экономики и информации, 1990. – 68 с.

- 61.** Временная методика определения экономической эффективности затрат на мероприятия по охране окружающей среды [текст] / - М.: В. сб. «Методы и практика определения эффективности капитальных вложений в новой технике». Наука. 1982. – с. 100-107.
- 62. Воробьев, А.Е.** Природная атмосферная энергия: средство для георужия или источник промышленного электричества? [Текст]/ А.Е. Воробьев, Р.А.-В. Турлуев, К.А. Воробьев [и др.] // Грозный.: Спектр. 2020. - 78 с.
- 63. Воробьев, А.Е.** Исследование влияние запыленности на литосферу и снижение пыления на технологических дорогах [Текст] / А.Е. Воробьев, О.Ш. Шамшиев, М.З. Мадаева // Известия Ошского технологического университета N 2. 2020. С. 191-197.
- 64. Городничев, А.П.** Загрязнения природной гидросети стоками горных предприятий [Текст] / А.П. Городничев, К.К. Хулелидзе // Владикавказ: Материалы II Международной конференции «Безопасность и экология горных территорий». РИО Минприроды РСО-А. 1995. – с. 95-98.
- 65.** Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды республики Северная-Осетия Алания в 2000 году» [Текст] // Владикавказ: «Иристон» 2001. 110 с.
- 66.** Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды республики Северная-Осетия Алания в 2001 году» [Текст] // Владикавказ: «Иристон» 2002. 104 с.
- 67.** Геоэкологические факторы, влияющие при переработке руд в отрогах гор Северного Кавказа [Текст] / К.В. Тедеев, М.З. Мадаева, О.Г. Бурдзиева [и др.] // Безопасность жизнедеятельности № 3. 2018. С. 12-18. – Режим доступа: <http://novtex.ru/bjd/bgd2018/annot03.html#4>
- 68.** Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2002 году» [Текст] / - Из-во: МПР РФ. 2003. с. - 479.
- 69.** Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды республики Северная-Осетия Алания в 2003 году» [Текст] / Владикавказ: «Иристон» 2004. 104 с.

- 70.** Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды и природных ресурсов республики Северная-Осетия Алания в 2004 году» [Текст] / Владикавказ. 2005. 96 с.
- 71. Грехнев, Н.И.** Геохимия техногенеза дальнегорского горнопромышленного района южного Приморья России [Текст] / Н.И. Грехнев, Э.Я. Жовинский // Мінералогічний журнал № 4. 2009. с. 77-82.
- 72. Гуриев, Г.Т.** Человек и биосфера: устойчивое развитие [Текст] / Г.Т. Гуриев, А.Е. Воробьев // Владикавказ: Рухс, 2001. 475 с.
- 73. Ерзин, А.Х.** Повышение эффективности пылеподавления при подземной разработке угольных месторождений с использованием поверхностно-активных веществ [Текст] / А.Х. Ерзин // Санкт-Петербург. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. – 2015.
- 74. Израель, Ю.А.** Экология и контроль состояния природной среды [Текст] / Ю.А. Израель // Ленинград: 1984. 258 с.
- 75. Карлович, И.А.** Геоэкология [Текст] / И.А. Карлович // М.: Альма-Матер. 2005. 511 с.
- 76. Карлович, И.А.** Основы техногенеза. Источники и потоки загрязнения окружающей среды [Текст] / И.А. Карлович // Владимир: ВГПУ. 2003. Кн. 1. 330 с.
- 77. Калабин, Г.В.** Методология обеспечения исследований космического мониторинга территорий, загрязняемых объектами железорудной промышленности [Текст] / Г.В. Калабин, А.Е. Воробьев // М.: Материалы I Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». Изд-во РУДН, 2002. – С. 220-221.
- 78. Коваль, В.Т.** Охрана окружающей среды [Текст] / В.Т. Коваль // Москва: МГИ, 1989. 154 с.
- 79. Коваль, В.Т.** Пути повышения эффективности природопользования на Михайловском ГОКе [Текст] / В.Т. Коваль, Е.В. Коваль // Горный журнал № 7-8, 1996. – С. 94-95.
- 80. Корнева, М.В.** Разработка и обоснование мероприятий по снижению

концентрации тонкодисперсных фракций в пылевом аэрозоле угольных шахт [Текст] / М.В. Корнева // Санкт-Петербург: Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. 2020.

81. А.В. Колосов Эколого-экономические принципы развития горного производства [Текст] / А.В. Колосов // Москва: Недра. 1987. – С. 259.

82. Комплексный экологический мониторинг экосистемы «Горная долина» (на примере долины р. Фиагдон). Отчет по НИР ГУП УНПЦ «Экология» кн. 1. [Текст] // Владикавказ, 1993. 139 с.

83. Круговорот вещества в природе и его изменение хозяйственной деятельностью человека [Текст] // М.: Из-во МГУ, 1980. 273 с.

84. Кричевский, Г.Е. Опасность и риски нанотехнологий и наноматериалов [Текст] / Г.Е. Кричевский // Нанотехнологии и охрана здоровья, т. 2, №3, 2010. С. 10-24.

85. Мадаева, М.З. Загрязнения почвенного покрова прилегающих к горным предприятиям территорий [Текст] / М.З. Мадаева, Л.И. Магомадова // Грозный: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 150-летию со дня рождения В.И. Вернадского, 2013.

86. Мадаева, М.З. Методы охраны окружающей среды и применение новых технологий пылевой защиты в горных экосистемах Северо-Кавказского региона [Текст] / М.З. Мадаева, А.А. Хаджиев // "Всероссийский съезд экологов" Сборник тезисов приуроченный к Году экологии в России". Редколлегия: Х.Э. Таймасханов, Ш.Ш. Заурбеков 2017. С. 101-105.

87. Марков, В.Ф. Поверхностные явления и дисперсные системы [Текст] / В.Ф. Марков, Л.Н. Маскаева, Т.А. Алексеева [и др.] // Екатеринбург 2006. УГТУ. С. 44

88. Медведев, И.И. Борьба с пылью на калийных рудниках [Текст] / И.И. Медведев, А.Е. Красноштейн // М.: Недра, 1977. – 192 с.

89. Методы пылеподавления в карьерах [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <https://poisk-ru.ru/s29632t15.html>.

90. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ,

содержащихся в выбросах предприятий [Текст] / ОНД – 86. Л.: Гидрометиздат, 1987. – 95 с. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200000112>

91. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям для оценки воздействия на окружающую среду проектируемых горно-добывающих предприятий [Текст] // Москва: ММГРЭ. 1986. – 99 с.

92. Методические указания, по интегральной оценке, качества окружающей среды [Текст] // Москва: Военное издательство. 2005. – 119 с.

93. Мирзаев, Г.Г. Экология горного производства [Текст] / Г.Г. Мирзаев, Б.А. Иванов, В.М. Щербаков [и др.] // Москва: Недра, 1991. – 320 с.

94. Новиков, Ю.В. Экология, окружающая среда и человек [Текст] / Ю.В. Новиков // Москва: Фаир. 1988 – 314 с.

95. Новиков, И.В. Обоснование и разработка способа пылеподавления с реализацией процесса насыщения водой пылевого облака при взрывных работах на карьерах [Текст] / И.В. Новиков // Москва: Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. МГГУ. 2002.

96. Одум, Ю. Основы экологии [Текст] / Ю. Одум // Москва: Мир, 1975. – 745 с.

97. Осипов, В.И. Геоэкология. Международная наука об экологических проблемах геосфер [Текст] / В.И. Осипов // Геоэкология. 1993, № 1. С. 4-18.

98. Отчет по контракту № 2 текст № 4 с Госкомэкологией РФ на 1997 г. НИИ Атмосферы [Текст] / С-Петербург. 1997.

99. Оценка эколого-геохимической обстановки в районе деятельности Садонского свинцово-цинкового комбината [Текст] // Москва: Отчет МГУ за 1990-1991 гг. – 120 с.

100. Певзнер, М.Е. Горная экология [Текст] / М.Е. Певзнер // Москва: МГГУ, 2003. с. – 395.

101. Перельман, А.И. Геохимия природных вод [Текст] / А.И. Перельман // Москва: Наука, 1977. – 152 с.

102. Перельман, А.И. Геохимия горнопромышленных ландшафтов и их систематика [Текст] / А.И. Перельман, А.Е. Воробьев // Москва: Вестник МГУ,

серия 5, география. МГУ № 1, 1995 – С. 16-22.

103. Перельман, А.И. Ландшафтно-геохимические условия размещения предприятий горной промышленности [Текст] / А.И. Перельман, А.Е. Воробьев // Москва: Известия РАН. Географическая серия, № 2 1994. – С. 50-60.

104. Петров, К.М. Геоэкология [Текст] / К.М. Петров // Санкт-Петербург: Из-во С-Петербургского университета, 2004. – 272 с.

105. Петелин, А.Л. Аэрозольный перенос газовых выбросов промышленных предприятий на дальние расстояния [Текст] / А.Л. Петелин, Д.И. Орёлкина, Е.А. Новикова // Вопросы науки и образования №3. 2019. С. 10-22.

106. Почвы. Природные ресурсы республики Северная Осетия-Алания в 18 томах [Текст] / ред. К.Х. Бясов // Проект–Пресс. 2000. Т-6:– 384 с.

107. Потапов, В.Г. К вопросу пылеподавления в условиях рудников ГПО «АРТЕМСОЛЬ» [Электронный ресурс] / В.Г. Потапов, В.Б. Малеев, И.В. Треус – Режим доступа: <https://docplayer.ru/47612159-K-voprosu-pylepodavleniya-v-usloviyah-rudnikov-gpo-artemsol-seminar-16.html>

108. Приказ Ростехнадзора от 14.10.2014 г. № 462 (ред. от 25.09.2018) "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Инструкция по борьбе с пылью в угольных шахтах" [текст] / (Зарегистрировано в Минюсте России 22.12.2014 N 35312).

109. Пылеподавление [Электронный ресурс] / – Режим доступа: <http://www.mining-enc.ru/p/pylepodavlenie>

110. Природные ресурсы Северо-Осетинской АССР [Текст] // Москва: Из-во АН СССР, 1950 – 506 с.

111. Пучков, Л.А. Развитие исследований по охране окружающей среды в горной промышленности [Текст] / Л.А. Пучков // Москва: Тез. докл. Научно-технической конференции «Экологические проблемы горного производства» НАЦГН, 1993, С. 5-6

112. Ребиндер, П.А. Повышение пылеулавливающей способности воды, посредством добавок смачивателей [Текст] / П.А. Ребиндер, И.Н. Серб-Сербина, С.А. Кордюнова // Москва: Сб. «Борьба с силикозом» Академиздат, 1953. – С.

19-20.

113. Реймерс, Н.Ф. Природопользование. Словарный справочник [Текст] / Н.Ф. Реймерс // Москва: Мысль, 1990.- 637с.

114. Родзевич, Н.А. Геоэкология и природопользование [Текст] / Н.А. Родзевич // Москва: Наука.2003. -256с.

115. Савин, Ю.Е. Экология окружающей среды [Текст] / Ю.Е. Савин // Москва: Недра.1990. - 332 с.

116. Савин, Ю.Е. Техносфера в локальном и глобальном измерении [Текст] / Ю.Е. Савин // Москва: ВНИИОЭНГ. 2002. – 140 с.

117. Сарбаев, В.И. Защита окружающей среды от запыления карьерным автотранспортом [Текст] / В.И. Сарбаев, М.З. Мадаева, М.А. Меретуков // Транспорт: наука, техника, управление. 2012. С. 7-8.

118. Секисов, Г.В. Техногенные минеральные объекты [Текст] / Г.В. Секисов, А.А. Таскаев, А.Е. Воробьев // Изв. АН Кирг. ССР, Физ.-техн. и матем. науки. – Фрунзе, №2, 1987. – С. 72-75.

119. Секисов, Г.В. Принципы формирования техногенных объектов [Текст] / Г.В. Секисов, А.А. Таскаев, А.Е. Воробьев // Изв. АН Кирг.ССР, Физ.-техн. и матем. науки. – Фрунзе, №1, 1990. – с. 63-66.

120. Семенов, А.В. Геохимия сфер Земли [Текст] / А.В. Семенов // Киев: Наукова думка, 1983. - 143с.

121. Семенов, В.В. Обоснование и разработка способа пылеподавления и нейтрализации вредных газов при массовых взрывах на карьерах [Текст] / В.В. Семенов // Москва: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук., МГГУ. 2007.

122. Смирнов, В.В. О взрывном появлении сверхмалых аэрозольных частиц в атмосфере [Текст] / В.В. Смирнов, Я.Й. Сальм, Ю.М. Мякела, Ю. Паатеро [и др.] // Метеорология и гидрология. 2005.

123. СН 245-71 – Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

124. Соколов, И.В. Оценка уровня экологической и промышленной

безопасности горных ландшафтов Северного Кавказа [Текст] / И.В. Соколов, М.З. Мадаева // Москва-Ереван: Труды VII Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» 2008. С. 276.

125. Сосунова, О.Д. Геохимия почвенного горизонта в районе деятельности отвального полигона хвостов обогащения и других источников загрязнения поверхностной инфраструктуры [Текст] / О.Д. Сосунова, М.З. Мадаева // Материалы научно-практической конференции "Развитие производственной и экологической безопасности в XXI веке. Проблемы и решения». "Белые ночи-2009". 3-7 июня 2009.-СПБ.; Владикавказ, 2009. с.11-16.

126. Сытник, К.М. Биосфера. Экология. Охрана природы [Текст] / К.М. Сытник, А.В. Брайон, А.В. Гордецкий // Киев. Наукова думка. 1987. – 523 с.

127. Таубман, А.Б. Физико-химические исследования смачивателей, применяющихся при пылеулавливании [Текст] / А.Б. Таубман, С.А. Никитина // Москва: Сб. «Борьба с силикозом». Т. 2. Изд. АН СССР. 1955. – С. 67-69.

128. Таскаев, А.А. Методы формирования техногенных минеральных объектов при разработке месторождений руд цветных и редких металлов [Текст] / А.А. Таскаев, А.Е. Воробьев // Ташкент: Сборник Пути повышения комплексного использования рудного сырья и технологических показателей обогащения с применением экологически чистых материалов. Средазниипромцветмет, 1990. – С. 35-36.

129. Тедеева, Ф.Г. Управление качеством природной среды [Текст] / Ф.Г. Тедеева, И.Д. Алборов, М.З. Мадаева // Центр геофизических исследований ВНИЦ РАН и РСО-А, Владикавказский научный центр РАН и РСО-А. 2008. С. 242-246.

130. Новосельцев, В.Н. Техногенное загрязнение речных экосистем [Текст] / В.Н. Новосельцев, В.Е. Гайнина, Г.Н. Виноградова // Москва: Научн. мир. 2002. – 140 с.

131. Тоцкий, А.Р. Исследование пылеулавливания при помощи магнитной воды [Текст] / А.Р. Тоцкий // Колыма, 1967, № 9. – с. 18 -19.

132. Третьяков, О.Н. Горная экология и основы рационального

природопользования [Текст] / О.Н. Третьяков, И.В. Петров // Москва: МГГУ. 1995.

133. Успенская, М.Е. Минералогия с основами кристаллографии и петрографии [Электронный ресурс] / М.Е. Успенская, Т.В. Посухова // <https://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1166351&uri=carbon1.htm>

134. Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы [Текст] / гл. ред. А.А. Магомедов // Сборник научных трудов. Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова Том 1, Владикавказ, 1998г. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25411690>

135. Феленберг, Г.Н. Загрязнение природной среды [Текст] / Г.Н. Феленберг // Москва: Мир. 1997. – 232 с.

136. Филимоненко, Е.А. Минералогия пылевых аэрозолей в зоне воздействия промышленных предприятий г. Томска [Текст] / Е.А. Филимоненко, А.В. Таловская, Е.Г. Языков // Фундаментальные исследования № 8-3. 2013. С. 760-765.

137. Чекушина, Е.В. Геологические факторы проникновения загрязненных вод от автодорог в литосферу [Текст] / Е.В. Чекушина, М.З. Мадаева // В сборнике: Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр, Материалы XI Международной конференции. 2012. С. 243.

138. Чекушина, Е.В. Геоэкологические проблемы на горнотехнологических дорогах Северного Кавказа [Текст] / Е.В. Чекушина, М.З. Мадаева // Владикавказ: СКГМИ Материалы XI Международной конференции. 2012. С. 245-246.

139. Черпонос, А.И. К вопросу пылеулавливания на хвостохранилищах Криворожских горно-обогатительных фабрик [Текст] / А.И. Черпонос, В.А. Михайлов, А.Г. Борисов // Москва: Сб. научн. трудов, вып. № 5. Недр. 1969. – С. 77–86.

140. Шариков, Л.П. Охрана окружающей среды [Справочник] / Л.П. Шариков // Москва: Судостроение, 1978.- 560 с.

141. Шафигуллина, Г.Т. Геохимические характеристики техногенных почв

горнопромышленных ландшафтов Южного Урала [Текст] / Г.Т. Шафигуллина, В.Н. Удачин, К.А. Филиппова, П.Г. Аминов // Вестник Академии наук республики Башкортостан № 4. 2015. С. 93-101.

142. Экологическая безопасность России [текст] // Москва: Юридическая литература. Вып. 1. 1995. – 385 с.

143. Ясаманов, Н.А. Основы геоэкологии [текст] / Н.А. Ясаманов // Москва: Академия. 2003. – 352 с.

144. Jessica, L.A. Transported mineral dust deposition case study at a hydrologically sensitive mountain site: size and composition shifts in ambient aerosol and snowpack [text] / L.A. Jessica // Aerosol and Air Quality Research, 16: 555–567, 2016 Copyright © Taiwan Association for Aerosol Research ISSN: 1680-8584 print / 2071-1409.

145. Kambiz Hedayati Fabrication and characterization of zinc sulfide nanoparticles and nanocomposites prepared via a simple chemical precipitation method [text] / Kambiz Hedayati, Akbar Zendehnam, Fatemeh Hassanpour // Nanostruct 6(3). 2016. Pp. 207-212.

146. May, I.V. Exposure assessment for population to fine particles in the influence zones of emissions from industrial stationary emission sources [text] / **I.V. May**, A.A. Kokoulina, S.Y. Zagorodnov, E.V. Popova [and others] // Health Risk Analysis № 1. 2014.-P. 1-10.

147. www.ustu.ru [Электронный ресурс] / <http://him.1september.ru/article.php?ID=200602308>. // Уральский федеральный университет

148. www.koagulant.ru/products/aniom/ [Электронный ресурс] // 150011-CRASS: Средство для коагуляции (осветления) воды.

149. Mineral dust photochemistry induces nucleation events in the presence of SO₂ [text] / Dupart Yoan, M.K. Stephanie, Nekat Bettina [and others] // PNAS December 18, 2012 109 (51) 20842-20847. – С. 771–786.