

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию

Козыря Дмитрия Александровича

на тему «Совершенствование систем мониторинга экологической безопасности породных отвалов с использованием дистанционных методов», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.19 - экологическая безопасность строительства и городского хозяйства

Рецензируемая работа содержит 192 страницы, в том числе 124 страницы основного текста, 31 полная страница с рисунками и таблицами, 19 страниц списка источников литературы и 18 страниц приложений.

### **Актуальность избранной темы**

Учитывая особенности развития горнодобывающих регионов, значительная часть породных отвалов (ПО) угольных предприятий находится на территории населенных пунктов или вблизи них. Особую опасность представляют горящие породные отвалы. Их горение сопровождается выбросом токсичных газов, загрязнением почв и поверхностных водоемов. Близость жилой застройки к горящим породным отвалам оказывает негативное воздействие на здоровье населения - показатели общей заболеваемости в районе размещения таких отвалов превышают показатели в районе отдаленном от них, почти в 2 раза.

Для выявления очагов самовозгорания и своевременного принятия мер по предупреждению горения пород, необходим контроль их теплового состояния. Используемый в настоящее время контактный метод теплового контроля породных отвалов, а также его периодичность (на действующих горящих отвалах 2 раза в год) не позволяют своевременно ликвидировать очаги самовозгорания на ранней стадии горения. С развитием пожара затраты на его тушение значительно возрастают. Поэтому важным является своевременно выявить, локализовать и ликвидировать пожар.

Актуальность работы обусловлена современными подходами в совершенствовании систем мониторинга экологической безопасности породных отвалов. Использование дистанционных методов теплового контроля с применением тепловизионной техники и беспилотных летательных аппаратов позволяет оперативно, точно и безопасно определить тепловое состояние ПО и обеспечить своевременное выполнение требований экологической безопасности в горнопромышленных агломерациях.

Применение полученной автором зависимости соотношения концентраций диоксида углерода к оксиду углерода от степени использования кислорода позволяет определить стадию горения породных отвалов. Использование предложенного способа ликвидации очагов самовозгорания с применением БПЛА вертолетного типа делает возможным проведение оперативных мероприятий по ликвидации поверхностных очагов



самовозгорания на породных отвалах и предотвращает выбросы токсичных газов в атмосферу горнопромышленных агломераций.

Предлагаемая автором технология дистанционной температурной съемки и определения выбросов токсичных газов с поверхности ПО позволяет снизить стоимость работ по сравнению с существующей технологией в 5 раз.

Актуальность выполненных автором работ подтверждена тем, что работа выполнялась в рамках госбюджетной научно-исследовательской темы Н6-14 (№ госрегистрации 0114U000405).

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Автором на достаточном научном уровне продемонстрировано владение дескриптивной методологией, о чем свидетельствует список из 144 используемых источников, в том числе и зарубежных, которые были изучены и критически проанализированы для определения области методологических и методических подходов к решению поставленных задач.

Результаты проведенных автором лабораторных и натурных исследований однородны (согласно критерию Стьюдента) и достоверны (согласно критерию  $\chi^2$  Пирсона). Полученные зависимости статистически надежны (согласно критерию Фишера) и не вызывают сомнений. Адекватность разработанного автором критериального уравнения влияния теплофизических характеристик породы и атмосферы на отвод тепла от очагов самовозгорания на отвалах горной породы подтверждена результатами натурных исследований.

Постановка задач, обсуждение полученных результатов, формирование выводов свидетельствует о том, что соискатель достаточно глубоко владеет изучаемой темой и можно сказать, что выводы и результаты, полученные диссертантом, обоснованы.

### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность результатов работы обеспечена хорошей сходимостью результатов лабораторных и натурных исследований.

О достоверности результатов диссертационного исследования также свидетельствует включение их в Программу экологической безопасности ДНР, в Программу развития ОП «Шахта имени С.М. Кирова» ГП «Макеевуголь», а также в методику контроля теплового состояния породных отвалов, разработанную НИИГД «Респиратор».

Основные положения диссертации опубликованы в 18 научных работах, общим объемом 4,20 п.л., лично автором – 3,42 п.л., в том числе 2 работы опубликованы в изданиях, входящих в перечень специализированных научных журналов, утвержденный ВАК МОН Украины, 3 работы – в рецензируемых научных изданиях, утвержденных перечнем ВАК МОН ДНР, 13 работ – в сборниках трудов международных и региональных научно-практических конференций, а также других изданий (6 – в изданиях, индексируемых в базе данных РИНЦ (РФ)).



Новизна работы заключается в обосновании дистанционного метода мониторинга теплового состояния поверхности ПО с различным уровнем экологической опасности с оптимальной периодичностью (1 раз в месяц) при помощи беспилотных летательных аппаратов.

Автором впервые получено уравнение в критериальном виде, описывающее влияние теплофизических характеристик отвальной массы и атмосферы на отвод тепла от очага самовозгорания на отвалах горной породы. В работе обоснован метод определения стадии горения ПО по соотношению концентраций диоксида углерода к оксиду углерода и степени использования кислорода. Впервые раскрыт процесс генерации сероводорода на поверхности горящих ПО, обусловленный реакцией сернистой кислоты с сульфидом породы, при этом увеличение относительной влажности атмосферы сопровождается повышением степени генерации сероводорода.

К числу наиболее существенных результатов работы необходимо отнести следующие:

1. Теоретически обосновано и подтверждено лабораторными и натурными исследованиями влияние расстояния, ракурса съемки и формы очагов самовозгорания на фиксируемую энергетическую светимость и температурный контраст при дистанционных методах контроля.

2. Установлено, что значение критерия Нуссельта от очага самонагревания в атмосферу ( $Nu_a$ ), характеризующее отвод тепла излучением, пропорционально квадратному корню из критерия Нуссельта, характеризующего отвод тепла к породе ( $Nu_p$ ) и, соответственно зависит, от теплопроводных свойств породы и атмосферы.

3. Обоснованы и установлены предельные расстояния и периодичность дистанционного мониторинга теплового состояния поверхности ПО (1 раз в месяц), образованных при добыче углей разной степени метаморфизма.

4. Экспериментально установлено, что выбросы в атмосферу от низкотемпературных зон эрозии на поверхности породных отвалов, занимающие площадь 20-25 % их поверхности, составляют до 50 % от общего вклада в загрязнение по всем загрязняющим веществам.

5. Установлено, что увеличение относительной влажности атмосферы в 2 раза сопровождается повышением степени генерации наиболее токсичного компонента газовых выбросов - сероводорода в 3 раза в низкотемпературных зонах на поверхности горящих породных отвалов.

6. Предложен метод определения стадии горения породных отвалов по соотношению концентраций диоксида углерода к оксиду углерода и по степени использования кислорода.

### **Основное содержание работы**

Во **введении** сформулированы актуальность работы, цель и задачи исследования, предмет и объект исследования, приведены научная новизна, практическая ценность полученных результатов, сведения об апробации проведенных исследований и публикациях научных работ.



**Первый раздел** посвящен анализу уровня экологической безопасности ПО горнопромышленных агломераций. Выполнен анализ основных причин самовозгорания ПО. Рассмотрены используемые в настоящее время методы мониторинга экологической безопасности ПО. Выполнен анализ результатов исследований продуктов горения ПО.

**Во втором разделе** выполнен анализ основных факторов, оказывающих влияние на энергетическую светимость при дистанционном контроле теплового состояния ПО: ослабление излучения атмосферой, турбулентность атмосферы, ракурс дистанционной съемки и теплофизические характеристики породы и атмосферы.

Разработано уравнение критериального вида, которое учитывает основные теплофизические характеристики породы и атмосферы, влияющие на дистанционное измерение теплового состояния очагов самовозгорания на ПО.

**В третьем разделе** приведены результаты лабораторных исследований температурного состояния объекта, определенного с применением дистанционного способа контроля температуры. Установлено, что при увеличении расстояния дистанционной съемки энергетическая светимость объекта тепловыделения снижается. Форма объекта тепловыделения не оказывает влияния на фиксируемую энергетическую светимость. В результате лабораторных исследований также установлено, что влияние ракурса съемки на фиксируемую температуру полностью соответствует закону Ламберта. Влияние турбулентности на энергетическую светимость согласуется с теоретическими принципами.

**Четвертый раздел** посвящен результатам натурных исследований температурного состояния ПО с помощью дистанционных методов контроля.

Установлено, что температурный контраст, определенный при натурных и лабораторных исследованиях обратно пропорционален расстоянию в степени 1,8.

Экспериментально установлено, что диапазон повышения температуры в местах эрозии на породных отвалах составляет  $1...6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а площадь участков с повышенной температурой составляет  $20...25\%$ . В результате экспериментальных исследований установлено, что выбросы от зон эрозии составляют около  $50\%$ , от общего вклада в загрязнение по всем загрязняющим веществам. По соотношению концентраций диоксида углерода к оксиду углерода и по степени использования кислорода автором предложен метод определения стадии горения породных отвалов.

В результате натурных исследований установлено, что увеличение относительной влажности воздуха сопровождается повышением степени генерации сероводорода в выбросах очагов самовозгорания на поверхности породных отвалов. Обоснована приоритетность мероприятий по предотвращению загрязнения атмосферного воздуха горнопромышленных агломераций.

**В пятом разделе** разработаны предложения по совершенствованию системы мониторинга экологической безопасности ПО. Установлено, что для



ПО, образованных при добыче углей высокой стадии метаморфизма (Донецкий и Подмосковный бассейны) расстояние дистанционного контроля больше, чем для ПО, образованных при добыче углей низкой стадии метаморфизма (Печорский и Челябинский бассейны).

Автор показал, что горение ПО, образованных при добыче углей низкой стадии метаморфизма, приводит к более значительным выбросам, чем при горении ПО, образованных при добыче углей высокой стадии метаморфизма.

Обоснована периодичность мониторинга теплового состояния ПО - 1 раз в месяц. В разделе предложен способ ликвидации поверхностных очагов самовозгорания с применением беспилотных летательных аппаратов вертолетного типа. Обоснована экономическая целесообразность предлагаемой технологии. В разделе приведены рекомендации по дистанционному контролю теплового состояния породных отвалов.

### **Замечания к работе**

1. В диссертации следовало бы отразить влияние чувствительности разрешения тепловизора на фиксируемые показатели дистанционного теплового контроля очагов самовозгорания на породных отвалах.

2. В работе не отражена относительная погрешность приборов, которые использовались при определении концентрации выбросов сероводорода. В то же время на основании полученных данных оцениваются важные для практики выводы.

3. В разделе 4.5 не указаны исходные данные, используемые для рассеивания выбросов загрязняющих веществ при горении породного отвала – размеры расчетной площадки, метеорологические характеристики района размещения объекта исследования, целесообразность расчета рассеивания. Их следует указать в приложениях.

4. Следовало бы указать вклад выбросов горящего породного отвала в фоновое загрязнение атмосферы г. Донецка.

5. Целесообразно показать расчет рассеивания после выполнения природоохранных мероприятий с указанием концентраций загрязняющих веществ и размера зоны влияния породного отвала.

6. Из раздела 4.2 не ясно, учитывалось ли влияние турбулентности атмосферы на энергетическую светимость.

### **Общее заключение о диссертационной работе**

Проведенный анализ диссертационного исследования Козыря Д.А. на тему «Совершенствование систем мониторинга экологической безопасности породных отвалов с использованием дистанционных методов» позволяет утверждать, что работа соответствует всем критериям, установленным п. 2.2 «Положения о присуждении ученых степеней», представляет собой законченную научную работу.

По своему объему, научному уровню и практической ценности работа полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям

на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.19 - экологическая безопасность строительства и городского хозяйства.

Настоящим я, Копылов Андрей Борисович, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.

Официальный оппонент  
доктор технических наук, доцент,  
профессор кафедры Геотехнологий  
и строительства подземных  
сооружений ФГБОУ ВО «Тульский  
государственный университет»



Копылов Андрей  
Борисович

300012, г. Тула, пр. Ленина, 92

Телефон: 8(910)941-29-16.

E-mail: [toolart@mail.ru](mailto:toolart@mail.ru)

*Подпись*  
*начальника*



*А.Б. заверено*  
*С.Ю. Меркулова*