

Утверждаю:

исполнительный директор общества с
ограниченной ответственностью
«Научно-исследовательский институт
эффективности и безопасности
горного производства» (ООО
«НИИОГР»), доктор технических
наук, профессор



А.М. Макаров

« 29 » 01 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Баловцева Сергея Владимировича «Разработка методологии управления аэрологическими рисками в угольных шахтах», представленную в экспертный совет 2.4.2; 2.10.3 НИТУ МИСИС на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.10.3 – «Безопасность труда».

Представленная Баловцевым С.В. диссертация посвящена исследованию проблемы повышения аэрологической безопасности в угольных шахтах и ставит своей целью разработку методологии оценки, прогноза и снижения аэрологических рисков на основе вероятностно-статистического подхода к их оценке с учетом закономерностей взаимообуславливающего влияния факторов природной опасности и системных технико-технологических факторов горного производства на возникновение аэрологических рисков по всем уровням технологической иерархии шахты.

Актуальность темы диссертации определяется высокой частотой проявлений природных опасностей в шахтах, обусловленной ростом концентрации и интенсификации производственных процессов при постоянном увеличении глубины ведения горных работ. Взрывы метанопылевоздушных смесей, пожары и внезапные выбросы угля и газа происходят, как правило, на высокопроизводительных угольных шахтах и отличаются катастрофическими последствиями в социальном и экономическом аспектах. Масштабные катастрофы, происшедшие за последние 15-20 лет вызвали необходимость освоения в существующей концепции обеспечения взрывобезопасности горных работ риск-ориентированного подхода и, прежде всего, на шахтах, обрабатывающих высокогазоносные угольные пласты, опасные по взрывам пыли. В свою очередь, оценка риска таких аварий потребовала учета взаимосвязи природных опасностей

и системных технико-технологических факторов горного производства, а также их влияния на возникновение аэрологических рисков в шахте, крыльях шахты, на выемочных участках и в подготовительных выработках. Исходя из вышеизложенного повышение аэрологической безопасности угольных шахт путем комплексной оценки, прогнозирования и снижения аэрологических рисков аварий, соответствующих уровням иерархической структуры шахты, является актуальной научной проблемой, решение которой имеет важное народнохозяйственное значение.

Тема диссертации соответствует области исследований научной специальности 2.10.3 – «Безопасность труда» пунктам 1, 13.

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 256 наименований, двух приложений, включает 17 таблиц и 42 рисунка.

Содержание диссертации включает исследование состояния вопроса, а также изложение и доказательство защищаемых научных положений.

В первой главе диссертации представлен аналитический материал о состоянии проблемы обеспечения аэрологической безопасности в угольных шахтах, включая анализ текущего состояния и развития горнодобывающей промышленности Российской Федерации (§1.1, стр.13-17), анализ аварийности и производственного травматизма на угольных шахтах России (§1.2, стр.18-36), анализ состояния вентиляции угольных шахт Российской Федерации (§1.3, стр.36-43), характеристику современного уровня развития способов и средств обеспечения аэрологической безопасности в угольных шахтах (§1.4, стр.43-50). В результате выполненного анализа автор пришел к выводу, что несмотря на общую тенденцию снижения травматизма и аварийности, крупные аварии с массовой гибелью людей происходят вследствие сохраняющихся в угольных шахтах высоких аэрологических рисков. Автор утверждает, что для снижения таких рисков необходимо выявление закономерностей их формирования и накопления во всей технологической структуре шахты. Логически, исходя из результатов выполненного анализа, поставлены цель и задачи исследования.

Во второй главе приведены результаты исследования и оценки взрывоопасности технологических систем угольных шахт. Исследованию были подвержены источники пылеобразования и газовыделения в угольных шахтах (§2.1, стр.54-61), причины и механизм образования пылегазоопасных зон в выемочных участках при существующих схемах проветривания (§2.2, стр.62-66), влияние сорбированных тяжелых углеводородов на взрывоопасность технологических систем шахт (§2.3, стр. 66-68), закономерности формирования аэрологических рисков в угольных шахтах (§2.4, стр. 68-76), закономерности

снижения аэрологических рисков в угольных шахтах (§2.5, стр.76-79). В качестве значимых результатов следует отметить следующие:

- основной закономерностью формирования аэрологических рисков является предопределенность, выражаемая причинно-следственной связью: неблагоприятное сочетание различных горно-геологических и горнотехнических факторов вызывает снижение работоспособности (отказ) системы управления газовой выделением, отказ функционирования этой системы, в свою очередь, приводит к повышению риска взрыва метанопылевоздушной смеси;

- главная закономерность снижения аэрологических рисков в угольных шахтах заключается в последовательном сочетании управления свойствами и состоянием угольных пластов, в первую очередь, и реализации технико-технологических решений – во вторую. К первой очереди относится определение параметров предварительного увлажнения; заблаговременной, предварительной, пластовой дегазации; технических показателей систем противоаварийной защиты и т. д., ко второй – расчет допустимой нагрузки на очистной забой, скорости подвигания очистного забоя и т. д.

В третьей главе диссертации отражены основные положения методологии оценки и снижения аэрологических рисков аварий в угольных шахтах:

- методологический подход к оценке и управлению аэрологическими рисками аварий в угольных шахтах (§3.1, стр.81-84);

- причинно-следственные связи горнотехнических, горно-геологических и организационных факторов при формировании аэрологических рисков аварий (§3.2, стр.84-90);

- иерархическая структура аэрологических рисков аварий в угольной шахте (§3.3, стр.90-97);

- критерии опасности и уязвимости вентиляции выемочных участков, подготовительных выработок, крыла шахты, шахты в целом (§3.4, стр.98-105).

Особую ценность данной методологии, на наш взгляд, представляют структурирование шахты по ее технологической иерархии, введение критерия «уязвимость» вентиляции (способа и/или схемы), определение и учет уязвимости вентиляции при выборе вариантов снижения аэрологического риска в соответствии с технологической иерархией шахты.

В четвертой главе приводится разработанная автором методика оценки и снижения аэрологических рисков по иерархическим уровням: шахта (§4.1, стр. 107-111), крыло (§4.2, стр.111-117), выемочный участок или подготовительная выработка (§4.3, стр.118-128). Методика представляет собой формулы и алгоритмы расчета и снижения аэрологических рисков по I, II, III рангам (иерархическим уровням), а также матрицы ранжирования рисков, таблицы показателей уязвимости вентиляции в соответствии с рангом аэрологического риска.

Пятая глава диссертации посвящена определению дополнительных аэрологических рисков аварий на выемочных участках и в подготовительных выработках; приведена методика оценки дополнительных аэрологических рисков. В §5.1, стр.131-135 приведены формулы расчета риска аварий на выемочных участках и в подготовительных выработках, возникающего под влиянием тяжелых углеводородов. Для основных схем вентиляции выемочного участка предложен порядок расчета риска загазирования горных выработок, приведены их расчетные значения (§5.2, стр.135-144). В §5.3, стр.144-148 отражена оценка риска аэродинамического старения выработок, в §5.4, стр. 148-154 – оценка риска повторного использования выработок. Наибольший интерес этой главы представляет §5.5, стр.154-174 «Обобщенный показатель прогнозного значения аэрологических рисков шахт». В этом параграфе представлена оценка прогнозного значения аэрологического риска $Q_{пр.}$, который позволяет определить граничные условия применения схем вентиляции выемочных участков при проектировании совместной работы вентиляции, дегазации и газоотсоса для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий. Представлены таблицы прогнозных значений аэрологического риска на выемочных участках угольных шахт с разными схемами проветривания и разбавления вредностей, приведены примеры расчетов прогнозных значений аэрологического риска для выемочных участков конкретных шахт, что вызывает явный практический интерес.

В шестой главе диссертации представлено ранжирование угольных шахт по степени аэрологических рисков. В § 6.1 «Оценка влияния фоновых и системных факторов на формирование степеней аэрологического риска I, II и III рангов», стр.177-185, автор привел таблицы расчетных значений аэрологических рисков 3-х рангов по отработке пластов, склонных к горным ударам и самовозгоранию с учетом категории устойчивости проветривания, а также таблицы динамики аэрологического риска в зависимости от категории устойчивости вентиляции и принятой схемы проветривания. В §6.2 «Технология обработки угольного пласта газонаполненными растворами поверхностно-активных веществ», стр. 185-188, представлен комплексный метод снижения пылевой и газовой опасностей в угольных шахтах, заключающийся в том, что предварительное увлажнение угольного массива производится не чистой водой, а трехкомпонентным раствором рабочей жидкости, включающей воду, ПАВ и газ. В §6.3, стр. 188-196, на восьми выбранных угольных шахтах показаны условия проведения и результаты оценки аэрологических рисков I, II и III рангов, риска аварий, возникающих под влиянием тяжелых углеводородов, обобщенного показателя прогнозного значения аэрологических рисков. Этот параграф является по сути завершающим этапом оценки аэрологических рисков. Ранжирование угольных шахт, согласно разработанной методологии, позволяет выявить шахты с низким уровнем

аэрологической безопасности и для каждой шахты определить направления технических, технологических и организационно технических мероприятий по повышению аэрологической безопасности.

По итогу исследования сложилось общее представление, что Сергей Владимирович выстроил весьма интересную и продуктивную с научной и практической точки зрения логическую последовательность: изменения свойств и состояния угольных пластов, старение горных выработок и вентиляционных сооружений закономерно приводит к снижению, вплоть до потери работоспособности системы управления газовыделением, а это, в свою очередь, к загазированию горных выработок (выемочного участка или подготовительного забоя), т.е. возрастанию аэрологического риска III ранга, что в последующем может привести к формированию аэрологических рисков II (крыло шахты) и I рангов (шахта в целом). Такая последовательность становится закономерностью при учете предложенного автором критерия «уязвимость» схемы/способа вентиляции и работает, как указывает автор, и вверх и вниз по иерархии аэрологических рисков. Видимо, это и есть основная закономерность, установленная автором.

В целом в диссертации дается обоснование выводам, которые целиком и полностью соответствуют задачам, поставленным в работе, и доказательству защищаемых научных положений.

Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах

Основные выводы и рекомендации диссертации в достаточной мере отражены в 31 публикации, в том числе 29 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, из которых 17 – в изданиях, индексируемых в Scopus.

Новизна основных научных результатов и их значимость для науки и практики

Научная новизна работы заключается в следующем:

– разработана методология оценки и снижения аэрологических рисков в угольных шахтах, основанная на ранжировании угольных шахт по I, II, III рангам аэрологических рисков с учетом дифференцированной оценки аэрологического риска по дополнительным факторам опасности аварий на выемочных участках;

– сформирована классификация рисков по их рангам и видам, позволяющая осуществлять управление безопасностью шахты по уровням ее технологической иерархии;

– установлены критерии опасности горно-геологических и горнотехнических факторов и уязвимости схем и способов вентиляции на уровне выемочного участка и/или подготовительной выработки, крыла шахты и шахты в целом;

– обоснован метод оценки аэрологических рисков, основанный на выявленных зависимостях аэрологического риска от газообильности выемочного участка и пылеобразующей способности угольного пласта. Метод включает оценку рисков аварий на выемочных участках, в подготовительных выработках, в крыльях шахты и в шахте в целом, оценку рисков аварий, возникающих под влиянием тяжелых углеводородов, обобщенный показатель прогнозного значения аэрологического риска, оценку риска загазирования участка, риска загазирования при повторном использовании выработок.

Научное значение работы заключается в теоретическом и экспериментальном обосновании методологии оценки, прогноза и снижения аэрологических рисков путем их декомпозиции по иерархическим уровням, на которых оцениваются риски аварий на основе выявленных зависимостей этих рисков от газообильности очистного забоя, взрывчатости угольной пыли, содержания тяжелых углеводородов в остаточных газах угольных пластов и отложившейся пыли, пылеобразующей способности разрабатываемого пласта и степени уязвимости схемы вентиляции участка, подготовительной выработки, крыла шахты и шахты в целом. Основу методологии составляют установленные закономерности формирования и снижения аэрологических рисков. Методология позволит как предотвратить, так и минимизировать последствия чрезвычайных ситуаций на высокогазобильных угольных шахтах, разрабатывающих пласты, опасные по взрывам пыли.

Практическую значимость исследований составляет разработанная инженерная методика прогноза и снижения аэрологических рисков. Методика может использоваться как при проектировании новых предприятий, так и для текущего планирования развития горных работ на действующих шахтах. Ранжирование шахт и их технологических участков в зависимости от аэрологических рисков позволяет выявлять шахты и их элементы с низким уровнем аэрологической безопасности и на основе расчета обобщенного показателя прогнозного значения аэрологического риска с высокой избирательностью управлять рисками аварий путем разработки соответствующих технических, технологических и организационно-технических мероприятий по повышению аэрологической безопасности. Особую практическую ценность, на наш взгляд, представляет собой оценка уязвимости схем и способов проветривания шахты по иерархии ее технологической структуры.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются:

- соответствием методологии управления аэрологическими рисками в угольных шахтах принципам моделирования сложных систем;

- применением апробированного вероятностно-аналитического метода для нахождения функции состояния вентиляционной системы шахты и отдельных ее подсистем;

- достаточным объемом и представительностью статистической выборки, высокими значениями показателей тесноты статистической связи в полученных уравнениях регрессии (коэффициент корреляции не ниже 0,9);

- высокими значениями коэффициента конкордации ($W=0,69-0,78$) при оценке согласия мнений экспертов в установлении коэффициентов значимости показателей опасности горно-геологических и горнотехнических факторов и уязвимости схем и способов вентиляции.

Язык и стиль изложения материала

Материалы исследований изложены логически последовательно, четким и ясным стилем, в каждом разделе диссертации приводятся выводы. Результаты исследований информативно представлены в форме таблиц и иллюстраций, текст диссертации оформлен в соответствии с требованиями ВАК.

Соответствие содержания автореферата и диссертации

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Разработанная автором инженерная методика прогноза и снижения аэрологических рисков может использоваться при проектировании, эксплуатации, реконструкции и консервации угольных шахт, при проведении аудитов промышленной безопасности (противоаварийной устойчивости) шахт, в учебных программах профильных вузов, в деятельности Ростехнадзора и МЧС РФ.

Замечания по диссертационной работе

1. Согласно приведенным автором примерам аварий и инцидентов на угольных шахтах подавляющим большинством причин этих негативных событий являются нарушения требований аэрологической безопасности, выразившиеся в отступлениях от проектов, регламентов, сокрытии достоверной информации, неудовлетворительной организации контроля за газовой обстановкой и т.п. Отсюда не понятно, почему автор, указывая эти причины делает вывод, что состояние вентиляционных систем угольных шахт и сложившаяся практика их проектирования и регулирования не отвечает темпам ведения горных работ?

2. В выводе 7, стр. 52 диссертации неожиданно (в главе об этом ничего не говорится) сказано, что решения в области обеспечения аэрологической безопасности основываются на мнении практиков, а не на научной методологии. Так ли это на самом деле?

3. Неподдельный интерес вызвала фраза «синергетический характер предупреждения аварий» (стр.70, §2.4). Хотелось бы, чтобы соискатель раскрыл суть и механизм синергии.

4. Согласно результатам исследований, осуществленным автором, закономерности формирования аэрологических рисков сводятся к закономерностям отказов системы управления газовой выделением (СУГ). Что же это за система, если она сразу отказывает при изменениях, перечисленных на стр.71 диссертации? Может быть, речь идет все-таки о недостаточности ее возможностей, а затем уже о снижении ее работоспособности вплоть до отказа?

5. В диссертации упоминается несколько различных закономерностей: закономерности формирования аэрологических рисков, закономерности снижения аэрологических рисков, закономерности возникновения отказов СУГ, закономерности, описывающие процессы изменения свойств и состояния угольных пластов, загазирования выработок, старения горных выработок и вентиляционных сооружений (стр.71). Все закономерности представлены в виде набора или последовательности причин, сформулированы во множественном числе, например, не закономерность, а закономерности формирования аэрологических рисков. Возникает вопрос, сколько их, какие из них установлены или уточнены автором и в чем их сущность?

6. Невозможно согласиться с тем, что наличие тяжелых углеводородов – это показатель опасности (стр.102, §3.4). Наличие тяжелых углеводородов в рудничной атмосфере представляет опасность, но никак это не является показателем опасности.

7. В главе 3, в §3.3 говорится о человеческом факторе и организационных причинах аварий и инцидентов. В §3.2 в причинно-следственных связях приведены такие причины, как нарушения, например ПТЭ. Как с этими причинами работать, руководствуясь методологией снижения аэрологических рисков, ничего не сказано. Тогда не понятно, зачем автор упоминает человеческий фактор?

Указанные замечания не исключают положительную оценку выполненных исследований, выводов и рекомендаций, обоснованных в диссертации.

Заключение

Диссертация представляет собой завершенную научно-квалификационную работу по актуальной теме, в которой изложено решение актуальной для угольной отрасли проблемы – разработана научно обоснованная методология повышения безопасности горных работ на основе оценки, прогноза и снижения аэрологических рисков аварий путем их декомпозиции по иерархическим уровням, включающим оцениваемые риски аварий на основе установленных зависимостей этих рисков от газообильности очистного забоя, содержания тяжелых углеводородов в остаточных газах угольных пластов и отложившейся пыли, пылеобразующей способности разрабатываемого пласта и степени уязвимости схемы вентиляции участка, подготовительной выработки, крыла шахты и шахты в целом. Внедрение методологии вносит значительный вклад в развитие отрасли.

Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Работа отвечает требованиям, изложенным в п. 2 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС» и предъявляемым к докторским диссертациям с точки зрения научной и практической значимости полученных результатов, а ее автор Баловцев Сергей Владимирович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.10.3 – Безопасность труда.

Диссертационная работа и отзыв рассмотрены на секции Ученого совета института «28» 01 2025 г. протокол № 1/1 от «28» 01 2025 г.

Директор по безопасности
горного производства, докт. техн. наук

И.Л. Кравчук

Заведующий лабораторией
производственных рисков, докт. техн. наук

А.В. Галкин

454092, Российская Федерация, г. Челябинск, ул. Энтузиастов, 30
тел/факс (351)216-17-92, e-mail: niiogr@list.ru

Подписи Кравчука И.Л. и Галкина А.В. заверяю,
Ученый секретарь института, докт. экон. наук



О.А. Лапаева