

В диссертационный совет Д 004.010.02
ФГБУН ИГД УрО РАН по адресу:
620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина Сибиряка, 58

ОТЗЫВ

официального оппонента Туренко Сергея Константиновича на
диссертационную работу Лапина Сергея Эдуардовича по теме:
**МЕТОДОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗА ДИНАМИКИ
СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО МАССИВА В ПРОЦЕССАХ ПОДЗЕМНОЙ
РАЗРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**
представленную на соискание ученой степени доктора технических
наук по специальности 25.00.35 – «Геоинформатика»

Актуальность избранной темы. История подземной разработки угольных месторождений насыщена многими печальными событиями, связанных с потерей человеческих жизней, разрушений шахтной и социальной инфраструктур. В этой истории неустанно велись поиски и разработки средств контроля и прогноза развития геогазодинамических явлений (ГДЯ). Но и на сегодняшний день не создано достаточно надежных аппаратно-программных средств и теоретически обоснованных методологий, способных вывести функционал систем безопасности горного производства на оперативный и опережающий прогноз, существенно превышающий уровень детерминации 0.5. Отчасти, такая ситуация обусловлена сложной, неповторяющейся организацией геологической среды насыщенной неопределенной системой взаимно влияющих факторов в достаточно большой области горного массива, в котором активно ведутся добычные и подготовительные работы.

Диссертационная работа Лапина С.Э. посвящена решению этой проблемы с принципиально новых позиций привлечения средств дистанционного обнаружения зон риска развития опасных ГДЯ, что бесспорно актуально и востребовано угольной отраслью.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается современными методами научных исследований, анализом научных трудов отечественных и зарубежных авторов по проблеме теории геомеханики дискретных сред, истории применения и эффективности многофункциональных систем безопасности в угольной отрасли.

Положения, обсуждаемые и сформулированные автором в работе продолжают и развивают исследования по проблеме аэрогазового контроля горного массива, изложенные в его кандидатской диссертации и согласуются

с научным уровнем разработок в смежных высокотехнологичных областях информатики, автоматике и сейсмических исследований земной коры, что подтверждается широкой апробацией научных и экспериментальных результатов, изложенных на международных научно-практических конференциях и публикациях в высокорейтинговых журналах.

Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Степень достоверности научных положений, методических рекомендаций и выводов основана на значительном фактическом материале по результатам экспериментального и промышленного применения разработанных автором методик и технологий контроля геогазодинамического состояния горного массива и объектов проветривания в условиях угольных шахт, рудников и строительства тоннелей различного назначения. Достоверность методических и теоретических разработок автора подтверждена проверкой и высокой сходимостью прогнозных оценок рисков развития опасных ГДЯ, выполненных в различных условиях ведения подземных горнотехнических работ.

Научная новизна работы заключается в идее дистанционного обнаружения зон дезинтеграции горного массива от места ведения горнотехнических работ на основе специализированного применения сейсмических технологий в условиях подземной разработки угольных месторождений опасных по газу. Автором принята модель дезинтегрированной структуры горного массива в условиях переменного напряженного состояния, что определяет динамику тензора флюидной (газовой) проницаемости, формирования и переформирования зон концентрации газовой компоненты на существенных удалениях от места ведения горно-технических работ.

Контроль пространственного положения зон дезинтеграции, оценка градиента горного давления в зоне влияния горной выработки и текущая фиксация характера изменения тренда концентрации газа в ее атмосфере по мере приближения к этим зонам позволяет эффективно осуществлять прогноз развития ГДЯ. Прогноз развития и характер ГДЯ качественно реализуется на уровне двух установленных регламентом «Правил безопасности» оценок «опасно» или «неопасно» в рамках разработанной геоинформационной системы. Система ориентирована на регистрацию, обработку и анализ совмещенных пространственно-временных независимых по способам измерений геоданных сейсмического и аэрогазового контроля состояния горного массива и в варианте прогноза «опасно» формировать возможный перечень технологических мероприятий в соответствии с установленным на предприятии регламентом.

На защиту выносятся следующие защищаемые научные положения:

1. Непрерывный контроль и прогноз развития опасных геогазодинамических явлений реализуются специализированной геоинформационной системой на основе методологической и программно-технической совместимости сейсмических и аэрогазовых телекоммуникационных средств сбора, обработки и анализа пространственно-временных геоданных.

Автором предложено оригинальное решение, основанное на синхронизированном контроле сейсмических и аэрогазовых параметрах горного массива. Другими словами – объективный и своевременный прогноз риска развития ГДЯ возможен в рамках геоинформационной системы ГИС МИКОН, которая соединяет в едином координатном и временном пространстве дистанционные принципы обнаружения зон дезинтеграции горного массива сейсмическими аппаратно-программными средствами и штатной системой непрерывного аэрогазового контроля атмосферы выработки.

Подчеркнем важное обстоятельство: идея, серийное производство, результативность контроля и прогноза развития ГДЯ такой системой подтверждены успешной практикой применения на целом ряде угольных шахт КУЗБАССА, Печерского, Донецкого бассейнах, ряда шахт Вьетнама, рудников Урала, Якутии и Белгорода, в процессах строительства автодорожных и железнодорожных тоннелей России и Китая.

2. Двухстадийный теоретический и экспериментальный подходы к развитию методологии прогноза метанообильности горных выработок ориентированы на первой стадии применением аналитического метода функционального сведения относительных оценок общего горного давления и проницаемости выбранного объема среды и на второй стадии использованием расчета параметров газового потока в системе численного прочностного анализа деформируемого горного массива.

В работе предлагается двухстадийный теоретический подход к оценке метанообильности горных выработок на основе их взаимного влияния с горным массивом и ориентированным на первой стадии на применение классического аналитического метода функционального сведения общего горного давления и проницаемости выбранного объема среды и на использование во второй стадии расчета параметров газового потока в системе численного прочностного анализа деформируемого горного массива с дискретной структурой.

Математическая постановка рассматриваемой задачи геомеханического анализа угольного пласта включает в себя систему уравнений, описывающих динамическое изменение напряженно-деформированного состояния поропругого тела, насыщенного газом.

В настоящей работе в процессе моделирования газового потока сделан акцент на внешнее сопряжение двух коммерческих пакетов САЕ Fidesys (расчет компонент НДС) и Eclipse 300 (расчет параметров газового потока). Одним из главных результатов использования геомеханической модели

является прямое моделирование динамической проницаемости, вызванной деформированием угольного пласта с дискретной структурой в процессе фильтрации газа. При этом моделирование и расчет параметров НДС в рамках данной модели осуществляются в два этапа.

На первой стадии находятся эффективные механические характеристики (эквивалентная матрица жесткости) для каждой подобласти (пористая упругая матрица + системы трещины внутри нее) на основе решения серии задач на ячейке периодичности. Далее на основе найденных эффективных механических параметров в подобластях решается геомеханическая задача о нахождении компонент НДС во всей области. После этого - обратная процедура: на основе рассчитанных глобальных напряжений решаются серии задач о нагружении матрицы и трещин в каждой из подобластей для определения деформаций внутри матрицы материала блоков и раскрытий трещин между ними, соответствующих текущему локальному НДС в окрестности конкретной грани блока. Наконец, рассчитанные деформации матрицы и раскрытия трещин используются при вычислении нового тензора проницаемостей угольного пласта.

В работе выполнено моделирование, основная цель которого - подтверждение рассмотренных положений теории формирования зон концентрации и деконцентрации компонент НДС в горном массиве. На основании выполненного анализа и известных обобщений по рассматриваемой проблеме следует отметить наиболее важные элементы природно-технической системы «массив горных пород - подземная выработка - газ» (горный массив) в следующем виде:

- текущие параметры напряженно-деформированного состояния горного массива с дискретной структурой формируют динамическую систему «градиент горного давления – газовый поток»;

- зоны риска развития динамических явлений сопряжены с зонами дезинтеграции горного массива с насыщением газа в них и в периферийной области, что может являться пространственными и временными предвестниками развития опасных явлений.

3. Непрерывный контроль относительных оценок градиента горного давления и приведенной величины объема газа в зоне взаимовлияния подземной выработки и горного массива обеспечивается технологиями сейсмической локации в совмещенном режиме с системой штатного аэрогазового анализа.

Основная задача ГИС МИКОН в обсуждаемой схеме предопределяет принятие формализованного решения по определению координат зоны дезинтеграции горного массива на достаточно большом расстоянии от рабочего забоя выработки и относительной оценке градиента горного давления, что означает степень дезинтеграции массива в этой зоне, и, в конечном счете, прогнозную величину проницаемости в ней. С учетом предвестника газового насыщения, который появится при приближении забоя

к этой зоне, принимается формализованное или декларативное решение о вероятности развития опасного ГДЯ.

Блок «Ядро математической модели», показанный на схеме Рисунка 4.25, выполняет расчет прогнозного значения величины метанообильности выработки по сейсмическим данным, полученным из системы «Микон-ГЕО», прошедшим предварительную обработку в блоках АГК. «Сбор данных», «ГЕО. Сбор данных» и «Обработка данных».

Ядро математической модели содержит три компонента:

- блок определения тренда CH_4 ;
- блок оценки напряженного состояния массива;
- блок прогноза метанообильности выработки.

Блок определения тренда CH_4 отвечает за анализ данных от аэрогазового канала «Микон-АГК» в части построения тренда текущей метанообильности выработки.

Блок оценки состояния массива строит график распределения зон дезинтеграции по направлению ведения горных работ. Эти данные являются опорными для определения величины прогнозного значения метанообильности.

Блок прогноза метанообильности выработки содержит в себе реализацию математической модели в виде взаимосвязи текущей метанообильности и состояния устойчивости массива по относительным оценкам градиента давления. В результате получим прогнозируемую величину метанообильности, которую, с учетом текущей метанообильности очистного забоя, можно использовать для определения уровня безопасности ведения горных работ.

4. Прогноз развития опасных ГДЯ в регламентных определениях «опасно» и «неопасно» осуществляется на основе функционала геоинформационной панели с учетом непрерывно контролируемых независимых по способам измерений сейсмических и аэрогазовых данных в координатном пространстве горного массива, что обеспечивает дистанционную оценку структуры и геогазодинамического состояния горного массива на региональном и локальном масштабных уровнях в реальных условиях угольных шахт.

Результаты экспериментальных и технологических процессов организации контроля и прогноза развития опасных ГДЯ в функционале ГИС МИКОН позволяют утверждать:

- система непрерывного контроля и прогноза развития опасных геодинамических явлений реализуется специализированной геоинформационной панелью в составе многофункциональной системы безопасности шахты на основе методологической и программно-технической совместимости сейсмического и аэрогазового контроля горного массива;
- функционал геоинформационной панели обеспечивает непрерывный объективный контроль геогазодинамического состояния горного массива на

региональном и локальном масштабных уровнях шахтного поля в прогнозных оценках «опасно» и «неопасно» с учетом процессов управления технологиями ведения горных работ.

Все предложенные научные положения следует считать доказанными на основе научного анализа и, что имеет принципиальное значение, результатами практического применения созданной ГИС МИКОН по целому ряду направлений в процессах ведения подземных горных работ.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов.

Теоретически обоснована модель динамической природно-технической системы «геологическая среда – подземная выработка» с дискретной структурой газовой проницаемости. Предложены методология и геоинформационная схема непрерывного контроля структуры и относительных оценок градиента горного давления, сейсмознергетического состояния и приведенной величины метаноносности в зоне влияния подземной выработки и горного массива.

Разработана технология подземной сейсмической локации горного массива в синхронизированном режиме с системой штатного аэрогазового анализа метанообильности призабойного пространства в единой информационной среде на основе формирования интегральных критериев прогноза развития опасных ГДЯ по контролируемым сейсмическим и аэрогазовым характеристикам горного массива с учетом установленного регламента.

Разработана и внедрена в практику ведения горно-технических работ технология непрерывного контроля и прогноза развития ГДЯ в формате специализированной геоинформационной панели ГИС МИКОН в составе многофункциональной системы безопасности шахты.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Рекомендации и выводы, сформулированные в диссертационной работе положены в основу разработки геоинформационной системы ГИС МИКОН, аппаратурно-программные средства которой успешно функционируют в настоящее время в составе многофункциональных систем безопасности целого ряда угольных шахт КУЗБАССа, рудников Урала, Якутии, Красноярского края и строительстве тоннелей различного назначения в России и за рубежом.

Результаты исследований используются на кафедре автоматизации и компьютерных технологий и кафедре геоинформатики УГГУ при чтении лекций и проведении практических занятий по курсам: «Структурная геофизика», «Методы моделирования физических процессов», «Операционные системы и базы данных», «Практика применения автоматизированных информационно-управляющих систем в горном производстве», разработке курсовых и дипломных проектов и работ, в подготовке магистерских и кандидатских диссертаций.

Содержание диссертации, ее завершенность.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 160 наименований. Объем работы – 240 страниц машинописного текста, в том числе 88 рисунков, 8 таблиц.

Отметим удачное построение диссертационной работы, каждая глава которой соответствует защищаемому положению, что существенно облегчает чтение и понимание соответствия обсуждаемых проблем выдвигаемым положениям и рекомендациям. При этом, материал работы изложен последовательно и логично.

Полученные автором результаты обладают новизной и завершенностью, а сама работа представляет собой его существенный личный вклад. Ссылки на литературные источники оформлены корректно. Соискатель опубликовал достаточное количество исследований, связанных с обсуждаемой проблемой как самостоятельно, так и в соавторстве.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и излагает его с достаточной полнотой. Данные об использовании результатов работы убедительно свидетельствуют о ее востребованности в научной и практической сферах.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации.

Отмечая научную ценность и высокую практическую значимость представленной на отзыв диссертационной работы следует отметить отдельные недостатки и дискуссионные положения:

(1). В неполной мере изложены методические принципы развертывания системы с ориентацией на особенности геологического строения, подземной инфраструктуры, технологию добычных и проходческих работ. Соглашаясь с рейтинговым принципом оценки критерия риска необходимо сформулировать условия определения весовых коэффициентов к компонентам модели и диапазоны нормировки значений компонент.

(2). На рис. 3.1 предлагается общая схема организации распределенных информационных потоков на основе совмещения сейсмических и аэрогазовых каналов, что представляется весьма громоздким и сложным процессом, особенно с учетом требований к мобильности всей системы в целом. Как представляет автор организацию всей службы безопасности и эффективного взаимодействия наземных и подземных элементов этой системы?

(3). Автор говорит о разработке системы интегральных критериев, используемых для прогнозирования рассматриваемых газодинамических проявлений, однако в диссертационной работе эти критерии раскрыты не в полной мере и, скорее всего, речь идет о привлечении в штат шахты специалистов уровня инженера-геофизика с опытом профессиональной

деятельности по направлению сейсмогеомеханика или сотрудничестве с научными организациями соответствующего профиля.

(4). Остается непонятным смысл введенного автором работы понятия «предвестник опасности» и на основании каких признаков специалист сможет «увидеть» этот предвестник и своевременно принять решение о близости опасной зоны.

(5). Автор утверждает, что «Блок оценки состояния массива» строит график распределения зон дезинтеграции по направлению ведения горных работ. Эти данные являются опорными для определения величины прогнозного значения метанообильности. Следовало бы в явном виде определить принцип перехода от сейсмических параметров выявленных зон дезинтеграции к уровню метанообильности с учетом текущей истории связи этих параметров в добычных или проходческих работах.

(6). Автор отзыва отметил ряд семантических и смысловых неточностей, допущенных на тех или иных страницах работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Таким образом, диссертация Лапина Сергея Эдуардовича является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых следует квалифицировать как научное достижение, имеющее экономическую и социальную значимость в отраслях подземной разработки месторождений углей, руды и транспортного строительства, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени по специальности 25.00.35 - «Геоинформатика».

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой
прикладной геофизики, ФГБОУ ВО
«Тюменский индустриальный университет».
Адрес: 625000, Тюмень, ул. Володарского, 38
Телефон: +7(908) 873 73 86
e-mail: turenkosk@tyuiu.ru



Визуально подписан Туренко С.К.

Туренко С.К.

Туренко С.К.