

ОТЗЫВ

официального оппонента,
доктора технических наук, профессора Кубрина С. С.
на диссертационную работу Лапина Сергея Эдуардовича
«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 темы, теоретическая и практическая значимость исследования

Одним из самых опасных видов производственной деятельности человечества является добыча твердых полезных ископаемых подземным способом. Эта производственная деятельность происходит под землей в стесненном, ограниченном пространстве, где в силу протекающих процессов, возникающих при техногенном изменении массива горных пород, риски различных аварий и аварийных происшествий крайне велики. Наиболее потенциально опасной является угольная промышленность, где добыча полезного ископаемого - угля осложнена его свойствами, характеристиками и составом. Это, во-первых, наличие в угле сорбированного взрывоопасного газа метана, который в ходе технологического процесса выемки полезного ископаемого выделяется в рудничную атмосферу и в совокупности с кислородом создает взрывоопасную смесь. Во-вторых, структурные особенности и прочностные свойства угля, которые при перераспределении горного давления в ходе интенсивной разработки месторождения на больших глубинах в сложных горно-геологических условиях ведут к динамическим проявлениям различной физической природы, в том числе, в катастрофической форме (выбросы угля, породы и газа, горные удары и т.д.).

Состояние промышленной безопасности на предприятиях угольной промышленности еще пять – семь лет назад вызывало большую озабоченность Российского Правительства. В те годы, отрасли никак не удавалось нейтрализовать неблагоприятную обстановку в вопросах

предупреждения травматизма и аварийности на угольных шахтах. Крупные аварии на шахтах Юбилейная, Ульяновская, Распадская, Северная об этом свидетельствуют. Инициатором произошедших аварий были вспышки метана. Большие разрушения на шахтах Юбилейная, Ульяновская, Распадская принесли последующие взрывы смеси воздуха, угольной пыли и метана. На всех шахтах, на которых произошли аварии, использовалась высокопроизводительная техника и современные технологии выемки угля. Шахты были оборудованы современными системами мониторинга рудничной атмосферы. Но этого оказалось недостаточно, чтобы не допустить трагедий. С 2010 года была поставлена задача разработки многофункциональных систем безопасности в угольных шахтах (МФСБ). В МФСБ горнодобывающее предприятие рассматривается как единый технологический комплекс взаимоувязанных между собой технологических процессов и техногенной среды, в которой функционируют технологические процессы, связанные с проходческими, очистными работами, энергообеспечением, транспортировкой горной массы, оборудования людей, поддержания горных выработок, обеспечения проветривания и т.д. МФСБ предназначена обеспечить эффективное управление добычей угля при заданном уровне безопасности (допустимом уровне риска) на подземных угледобывающих предприятиях. МФСБ должна выявить начальные предвестники аварийной ситуации и обеспечить превентивные мероприятия по предотвращению развития ситуации к возможности возникновения аварии. Важнейшей подсистемой МФСБ является подсистема геофизического регионального и локального прогноза внезапных выбросов и горных ударов. Эта подсистема должна обеспечивать контроль динамического состояния массива горных пород и производить прогноз внезапных выбросов и горных ударов. В настоящее время разработан целый ряд методик, изложенных в Федеральных нормах и правилах в области промышленной безопасности - "Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам" (введены

в действие Приказом Ростехнадзора от 02.12.2013 N 576, зарегистрированы Минюстом России 04.04.2014, рег. N 31822). Эти методики основаны на использовании различных физических эффектах, проявляющихся при природно-техногенных воздействиях на горнотехническую систему и позволяют получать информацию о состоянии массива горных пород для оценки опасности гео-газодинамических проявлений. Однако надежность прогнозирования в сложных горно-геологических условиях невелика. Это объясняется сложностью и разнообразием горно-геологических условий, физико-механических свойств и состояния массива горных пород. Кроме того, формирование, развитие и реализация неблагоприятного гео-газодинамического проявления происходит в ходе изменения состояния и характеристик вмещающих пород, шахтной (рудной) атмосферы. Динамика развития неблагоприятных горно-динамических проявлений сопровождается изменением различных физических свойств массива. То есть, развитие неблагоприятного горного динамического проявления характеризуется совместным изменением нескольких параметров, физических характеристик и свойств вмещающих пород и угольного пласта – частные спектры, энергия акустической эмиссии, интенсивность выделения метана, температура массива и т.д. Контроль одного или несколько параметров, к примеру, концентрация метана в шахтной (рудничной) атмосфере позволяет, хотя и частично, решать только задачи связанные с безопасностью ведения горных работ. Но по динамике изменения одного или двух параметров крайне сложно и чаще всего невозможно определить характер и динамику формирования, развития и реализации (релаксации) горного динамического проявления.

Важнейшей проблемой остается повышение обеспеченности прогнозов (времени и места) динамических проявлений различной физической природы в ходе развитии геомеханических процессов при освоении угольных месторождений поземным способом. Решение указанной проблемы возможно с помощью использования методов непрерывного геофизического

мониторинга (сейсмического и сейсмоакустического) совместно с подсистемой аэрогазового контроля. Поэтому тема диссертационной работы Лапина С.Э. «Методология построения и практика применения геоинформационной системы прогноза динамики состояния горного массива в процессах подземной разработки угольных месторождений» является актуальной.

Степень обоснованности научных положений

Формирование, развитие и реализация неблагоприятного горного проявления происходит в ходе техногенного изменения массива горных пород, при этом изменяется состояние, характеристики вмещающих пород, их нагрузка, параметры шахтной (рудной) атмосферы, гидродинамического режима. Динамика развития неблагоприятных горно-динамических проявлений сопровождается изменением различных физических свойств массива. То есть, развитие неблагоприятного горного динамического проявления характеризуется совместным изменением нескольких параметров, физических характеристик и свойств вмещающих пород и угольного пласта – это в основном, частные спектры распространяющихся упругих волновых колебаний, энергия акустической эмиссии, интенсивность выделения метана, температура массива и её вариации и т.д. По динамике изменения одного или двух измеряемых параметров крайне сложно и чаще всего невозможно определить характер и динамику формирования, развития и возможную реализацию (релаксацию) горного динамического проявления. Поэтому первое положение о необходимости совмещения сейсмических и аэрогазовых средств сбора информации обосновано. Необходимость совместного учета данных подсистемы геофизического регионального и локального прогноза внезапных выбросов и горных ударов и подсистемы аэрогазового контроля ставилась еще пять лет назад (Горный информационно-аналитический бюллетень. - М.: Горная книга. - 2015. Отдельный выпуск 1. Труды международного научного симпозиума "Неделя горняка-2015". С. 304-324), однако, Сергей Эдуардович смог довести до

практической реализации рассматриваемый вопрос. Он определил параметры зоны влияния, подходы к оценке параметров напряженно-деформационного состояния массива горных пород при проведении подготовительных работ. Таким образом, актуальная геоинформационная задача по повышению обеспеченности прогнозов возможных геогазодинамических явлений нашла свое развитие.

Второе защищаемое научное положение, основывающееся на методологии, состоящей из двух стадий (аналитического и расчетной) по определению метанообильности горных выработок, представляет собой решение пространственной геоинформационной задачи по уточнению с учетом освоенности строения угольного пласта. Такой подход оправдан и по результатам исследований, проведенных в диссертационной работе, дает результат, что свидетельствует об обоснованности выдвинутого положения. Сложно учесть все факторы, влияющие на концентрацию метана в горных выработках. Следует отметить, что на метанаовыделение в горные выработки влияет наличие и расположения сближенных пластов и темпы ведения горных работ. Поэтому, автору в дальнейших исследованиях необходимо разработать методы, позволяющие их учесть.

Третье положение, выдвинутое С.Э Лапиным, непосредственно связано с комплексированием данных, получаемых с помощью геоинформационных подсистем МФСБ угольной шахты - геофизического мониторинга (сейсмического и сейсмоакустического) совместно с подсистемой аэрогазового контроля. В работе представлено технологическое решение по реализации геоинформационной системы, обеспечивающее непрерывный контроль параметров состояния нарушенного массива горных пород и техногенного пространства горных выработок. Объединение двух зон контроля позволяет повысить его качество. В работе представлена разработанная автором последовательность обработки больших объемов информации. Разработана схема контроля состояния массива горных пород по косвенным параметрам (градиент давления), характеризующих, по

мнению автора, напряженно деформированное состояние массива горных пород.

Последнее, выносимое на защиту положение, представляет собой утверждение о необходимости использования в едином моделируемом геоинформационном пространстве сведений от сейсмических и аэrogазовых датчиков для прогноза гео-газодинамических явлений. Таким образом, получена практическая реализации результатов исследований, проведенных автором. В работе описан механизм получения прогностической информации о развитии гео-газодинамических явлений, с практически наблюденными данными, на большем количестве примеров. Обоснованность данного утверждения не вызывает сомнения.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Основная значимость диссертационного исследования Лапина С.Э. состоит в разработке методологии построения системы геоинформационных систем прогноза гео-газодинамического состояния массива горных пород при разработке угольных месторождений подземным способом. В диссертации представлены новые положения и полученные научные результаты, выносимые на защиту, которые развивают теорию и прикладные аспекты геоинформационных систем угольных шахт по обеспечению промышленной безопасности, соответствующие паспорту научной специальности 25.00.35 - Геоинформатика:

- методология и геоинформационная система непрерывного контроля параметра, характеризующего изменение горного давления и метаноность горных выработок;
- совмещенная с аэрогазовым контролем сейсмическая локация массива горных пород;
- система интегральных критериев прогноза развития опасных гео-газодинамических явлений;

- геоинформационная технология непрерывного контроля и прогноза развития гео-газодинамических явлений.

Как практическое применение полученных результатов следует назвать геоинформационный комплекс «МиконГЕО», введенный в действие на горнодобывающих предприятиях.

Достоверность и степень обоснованности результатов

Перечисленные результаты в диссертационной работе получили должное обоснование. Все теоретические положения основного и вспомогательного характера formalизованы в виде соответствующих утверждений, доказательство которых выполнено автором.

Достоверность полученных результатов подтверждается приведенными доказательствами, обсуждением результатов вычислительных экспериментов, сопоставлением с наблюденными данными и с результатами трудов других исследователей. Последнее обстоятельство подтверждается обширным цитированием опубликованных работ других авторов, а также многочисленными докладами по теме диссертации, сделанными на международных конференциях и отраслевых научно-технических совещаниях.

Структура и основные результаты работы

Диссертация изложена на 243 страницах и состоит из введения, пяти глав и заключения. Представленный автором список литературы, на которые сделаны ссылки по тексту диссертации, содержит 164 источника.

Содержание **первой главы** посвящено анализу, используемого геоинформационного обеспечения для контроля безопасности горного производства в угольных шахтах. Рассмотрены методы контроля параметров и состава рудничной атмосферы и методы контроля состояния массива горных пород с точки зрения гео-газодинамических явлений. Проанализированы требования к информационной базе, используемой в подсистемах, обеспечивающих промышленную безопасность ведения горных работ на угольной шахте. Определены задачи непрерывного

геоинформационного контроля и прогноза развития гео-газодинамических проявлений.

Содержание второй главы отражает результаты исследований, направленных на разработку методологии прогноза метанообильности горных выработок на основе применения аналитических расчетов с последующим уточнением с помощью моделирования массива горных пород с использованием данных систем мониторинга рудничной атмосферы и результатов сейсмических наблюдений. Обоснована гипотеза о связи напряженно деформированного состояния массива горных пород с газовыделением и массопереносом метана в пласте. Проведена оценка параметров массопереноса метана в модели, использующей представление угольного пласта в виде дискретных объектов, для различных внешних нагрузок.

Третья глава диссертации посвящена разработке структуры геоинформационной системы для оперативного контроля и прогноза развития геодинамических проявлений. Автором определены характерные особенности контроля параметров и состава рудничной атмосферы, массива горных пород с помощью сейсмического мониторинга. Определена схема прогноза развития гео- газодинамических проявлений на основе комплексирования аэrogазовой и сейсмической геоинформации. Разработаны принципы построения геоинформационных представлений, характеризующих результаты контроля массива горных пород и прогноза развития гео- газодинамических проявлений.

Четвертая глава работы посвящена технологическим вопросам, построения и реализации геоинформационной системы контроля и развития гео- газодинамических проявлений. Приведено описание первичных средств измерения, структуры программного обеспечения, технические, метрологические требования. Техническое описание геофонов. Структура сервера, информационные потоки, образы экранов операторов. Последовательность обработки данных.

В пятой главе приведены результаты работы геоинформационной системы «Микон-ГЕО» совместно с «Микон-АГК» на угольных шахтах и рудниках. Представлены сведения об испытаниях геоинформационной системы «Микон-ГЕО» на шахте «Северная» (АО «Воркутауголь»). Подробно описано применение «Микон-ГЕО» совместно с «Микон-АГК» на угольных шахтах Кузбасса и Республики Вьетнама. Сформулированы общие принципы проектирование и монтажа геоинформационной системы «Микон-ГЕО» совместно с «Микон-АГК».

Замечания по диссертационной работе

К сожалению рецензируемая работа не свободна от замечаний, при этом их следует разделить на три группы. Замечания, связанные со специальностью, по которой данная диссертационная работа представляется, замечания по предметной области в которой разработанные решения реализуются и замечания редакционного характера.

Замечания, связанные со специальностью, по которой данная диссертационная работа представляется.

1. К сожалению, объективных (численных) оценок положений, сформулированных автором, нет. Только к первому положению в комментариях (стр. автorefера 11) дан размер области.

2. В заключении (стр. 221 диссертации) приведено утверждение «теоретически обоснована модель динамической природно-технической системы «геологическая среда-подземная выработка». Довольно обобщающая формулировка. С этим утверждением сложно согласиться, так как исследования, приведенные в диссертации, затрагивали только вопросы, связанные с гео- газодинамическими опасностями. Поэтому следовало бы указать границы разработанной модели.

3. Не понятен пункт заключения «обеспечена научная поддержка всех необходимых технологических процессов ведения горных работ в режиме on-line на основе созданного для этих целей Центра горного мониторинга».

Возникает вопрос, все ли технологические процессы, обеспечены научной поддержкой? Что понимается под технологическими процессами ведения горных работ? Только работа проходческих и очистных участков? Как обеспечивается научная поддержка выполнения технологического процесса выемки угля машинистом комбайна? Само построение утверждения содержит элемент тавтологии.

4. Автор часто использует понятие «геоинформационная панель», не определяя его. По всей видимости понимая под этим образ экрана оператора.

5. Автор часто вместо устоявшихся понятий для автоматизированных и геоинформационных систем использует другие термины, что затрудняет осмысление результатов работы.

Замечания, связанные с предметной областью, в которой разработанные решения реализуются.

6. Автор некорректно использует устоявшуюся терминологию. Так, в науках о Земле под горным массивом понимается участок горной системы, расположенный более, менее изолировано, например, Кара-Даг, Монблан. В контексте содержания диссертационной работы следует употреблять термин массив горных пород.

7. В зонах дезинтеграции не может быть напряженного состояния. Они образуют газовые коллектора.

8. Для оценки безопасности ведения горных работ при разработке угольных месторождений подземным способом используется термин «промышленная безопасность». Термина «эксплуатационная безопасность» нет.

9. Часто автор использует собственную терминологию, не поясняя, что он под введённым термином понимает к примеру, аэrogазовые параметры «горного массива».

10. Нельзя согласиться с автором, что «выбросы угля и газа, образование пылеметановоздушной смеси, неизбежно приведет к взрыву».

Взрыв пылеметановоздушной смеси возникает только тогда, когда имеется высокоэнергетический источник, запускающий процесс взрыва.

11. При добыче угля используется термин «очистные работы», а не «добычные горнотехнические работы».

12. Автор использует термин «активная и пассивная локация», что неверно. Если обратиться к определению термина «локация», то он подразумевает определение, положения чего-либо. Наличие самого действия (определения местоположения) уже говорит об активности, так как оно должно совершиться и поэтому одно не может быть пассивным. Приборы для локации объектов делятся на два типа: локатор (радар), излучающий энергию и являющийся активным, и сонар, не излучающий энергию и являющийся пассивным. Первый из них для обнаружения посылает импульс энергии в исследуемую область и принимает отраженный сигнал от объекта, второй только принимает сигнал от объекта. При контроле гео-газодинамического состояния массива горных пород в этом случае используются другие термины.

13. Не понятно выражение, приведенное в автореферате на стр. 20 «Решение на модели дифференциального уравнения». Это техническая ошибка или нет?

14. Часто автор использует термин «риск». К примеру, на стр. 24 автореферата «наиболее вероятная область риска скопления газа», стр. 97 диссертации «зоны риска развития динамических явлений». Если исходить из определения, что риск — это сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятного события или из определения, приведенного в ГОСТ Р ИСО 31000-2010 - влияние неопределенности на цели (при этом риск характеризуется комбинацией потенциально возможных события и последствия), то такое использование термина «риск» в диссертационной работе и автореферате автором не корректно.

15. Название 4-й главы «Технология и организация контроля и прогноза ведения горнотехнических работ на основе ГИС МИКОН не соответствует содержанию. Система ГИС МИКОН не предназначена для

ведения «горнотехнических» работ. Она предназначена для обеспечения безопасности горных работ.

Замечания редакционного характера.

16. Автор часто в работе и в автореферате ведет изложения от некоторого коллектива. Что не соответствует требованиям ВАК РФ к изложению научных результатов.
17. Автор для публикаций (позиции публикаций в автореферате 6, 16-18), указал что они индексированы в базе данных научных статей «Scopus», это не соответствует действительности.
18. Выводы по главам кратки и не информативны.
19. Текст диссертации перегружен описанием технических характеристик систем «Микон-АГК», «Микон-ГЕО».

Заключение

Оценивая диссертацию в целом, несмотря на сделанные замечания, она представляет собой завершенный научный труд, результаты которого являются новыми, имеющими существенную теоретическую и практическую значимость. Положения, выносимые на защиту, в достаточной мере обоснованы.

Изложенное позволяет трактовать диссертационное исследование Лапина С.Э. как решение научной проблемы, имеющей важное значение для развития перспективного направления геоинформатики с целью повышения промышленной безопасности ведения горных работ по добыче угля подземным способом.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и представляет все ее основные положения. Список опубликованных работ по теме диссертационного исследования не включает монографию и представлен 34 статьями, 1 зарегистрированным патентом на изобретение. Все опубликованные работы связаны с основными вопросами, рассмотренными в диссертации. Апробация полученных результатов, судя по количеству и

уровню конференций, на которых они докладывались, представительная для рассмотренных в работе вопросов.

На основании изложенного рецензируемая диссертация Лапина С.Э. на тему «Методология построения и практика применения геоинформационной системы прогноза динамики состояния горного массива в процессах подземной разработки угольных месторождений», удовлетворяет требованиям п.п. 9, 10, 11, 13, и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. (ред. от 01.10.2018), предъявляемым к докторским диссертациям. Соискатель Лапин Сергей Эдуардович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.35 - Геоинформатика

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор,
заведующий лабораторией
Геотехнологических рисков при
освоении газонесточных угольных
и рудных месторождений
ФГБУН Институт проблем
комплексного освоения недр
им. академика Н.В. Мельникова
Российской академии наук
(ИПКОН РАН)



Кубрин Сергей Сергеевич

25.05.2020

Телефон: +7(495) 360-07-35
Электронный адрес: s_kubrin@mail.ru
Почтовый адрес: 111020, Москва, Крюковский тупик, д. 4

Подпись Кубрина Сергея Сергеевича заверяю

Ученый секретарь
ИПКОН РАН,
доктор технических наук



Федотенко В.С.