

В Диссертационный Совет  
Д 212.102.02 при Федеральном го-  
сударственном бюджетном образо-  
вательном учреждении высшего  
профессионального образования  
«Кузбасский государственный тех-  
нический университет имени Т.Ф.  
Горбачева»

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
**Ким Татьяны Леонидовны** «Разработка и обоснование метода  
прогноза газодинамических явлений в подготовительных выработ-  
ках с учетом газогидратов в угольных пластах», представленную на  
соискание учёной степени кандидата технических наук по специ-  
альности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, руд-  
ничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

### 1. Актуальность избранной темы.

Негативные, по газовому фактору, аспекты внедрения высокопроизво-  
дительных технологий очистных работ при подземной разработке газонос-  
ных угольных пластов подтверждают обязательность соответствия между  
планируемой производительностью добычи угля и интенсивностью техно-  
генных геомеханических и газодинамических процессов в массиве горны по-  
род. Обязательно учитывать, что пласты не угольные, а углеметановые, ка-  
ждом кубометре угля которых содержатся десятки кубометров метана под  
высоким давлением. Наблюдающееся в последние годы некоторое снижение  
газовой аварийности очистных работ потребовало существенного ограниче-  
ния производительности дорогостоящей техники даже при значительных ин-  
вестициях на повышение эффективности систем управления газовыми пото-  
ками. Пока этот круг задач решается, в том числе, и путем увеличения длины  
очистных забоев, Но этот резерв практически исчерпан. Дальнейшее разви-  
тие требует существенного повышения темпов горнопроходческих работ. И  
вновь, при наличии технических средств по добыче угля, сдерживающим

фактором является газовая компонента пласта. Причем, реализующаяся в столь динамическом режиме, что способна разрушать и выбрасывать в подготовительную выработку тысячи тонн угля и сотни тысяч кубометров газа за десятки секунд. Необходим интенсивный научно-технический поиск более надежных и оперативных технологических решений, соответствующих реальным горногеологическим условиям проведения каждой выработки, каждого интервала подвигания забоя.

Научным базисом этого поиска являются результаты исследований российских и зарубежных ученых, кардинально уточняющие представления о формах существования метана в угольных пластах, условия и основные параметры газодинамических следствий смены метастабильных состояний углеметанового геоматериала, особенности способов и средств прогноза и предупреждения опасного развития природно-технологического процесса.

Рассматриваемая работа направлена именно на эти научно-технические особенности и несомненно актуальна. Поставленные в работе задачи сформулированы и поставлены правильно.

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

Автором вынесено на защиту четыре научных положения.

*Первое научное положение* доказывает возможность существования метана в угольных пластах по типу газогидратов в порах угольной матрицы при минимальной влажности 1,5 % и равновесных значениях гидратообразования.

Автором приведено соответствие между термодинамическими условиями залегания угольного пласта и равновесной кривой гидратообразования при условии, что напряжения в кристаллогидрате определяются влиянием литологического и газового давлений. С позиций существования кристаллогидратов оно используется крайне редко, но, тем не менее, вполне оправданно, т.к. кристалл находится в деформирующейся матрице.

Для более детального изучения особенностей образования и диссипации кристаллогидратов автором проведены лабораторные и аналитические исследования.

На установке по изучению газогидратов в угольной матрице получены зависимости давления в системе уголь-газ-вода при медленном изменении температуры. Выявлен характерный скачок повышения давления, обусловленный разложением газогидрата метана при температуре фазового перехода. При обратном переходе наблюдается скачок уменьшения давления, свидетельствующий об образовании газогидратов. Показано, что в горногеологических условиях газоносных угольных месторождений возможно образование кристаллогидратов в порах размером более 40 ангстрем при минимальной влажности 1,5-1,7%.

Аналитические оценки параметров процесса показали возможность значительного роста давления свободного газа в структуре пласта при распаде газогидрата в результате снижения механических напряжений впереди обнаженной поверхности.

Доказательность представленных результатов не вызывает сомнения. Но она была бы выше, если бы автор ярче акцентировал внимание на интересной особенности: согласно принятому в работе представлению действующих в пласте напряжений как следствия литологического и газового давлений, рост давления газа возможен не более чем на долю снижения механических напряжений, т.к. для оставшейся части газогидрата условия существования по этому фактору восстанавливаются.

*Второе научное положение* устанавливает зависимость скорости диссоциации газогидратов от их размера и распределения в угольной матрице с ростом газового давления.

Задача решается методом математического моделирования. В ней рассматривается адиабатный процесс диссоциации газогидратов в угольном веществе. Результаты решения дифференциальных уравнений для краевой зоны угольного пласта сопоставляется с экспериментальными работами дру-

гих авторов. Установлено, что скорость диссоциации ТУГР по типу газогидратов для частиц размером от 4 до 10 нм составляет 4–28 нм/мс и убывает по экспоненте с увеличением их диаметра. При этом, скорость подвигания границы диссоциации газогидрата увеличивается с 2,0 до 6,0 м/с с ростом газового давления в диапазоне от 2 до 8 МПа и соответствует скорости распространения волны дробления по С.А. Христиановичу. Корректность постановки задачи и детальность анализа влияния различных факторов, вплоть до особенности распределения воды в порах угольной матрицы, позволяют считать это научное положение доказанным.

*Третье научное положение* устанавливает возрастание газового давления в краевой части угольного пласта в 2–2,5 раза в зависимости от ее гидратонасыщенности и проницаемости.

Здесь решается научная задача по распределению давления газа после начала процесса диссоциации с определенными начальными и граничными условиями методами численного моделирования и применением математического пакета Maple. Полученный результат хорошо согласуется с отмеченным при анализе первого научного положения следствием снижения механических напряжений в многокомпонентном геоматериале. Можно считать третье научное положение доказанным.

*В четвертом научном положении* доказывается, что при прочих равных условиях вид ГДЯ зависит от проницаемости краевой зоны, которая для различных условий и свойств угольных пластов составляет  $0,001 \div 0,01$  Дарси. При проницаемости, превышающей критическое значение для данного угольного пласта, происходит загазирование выработки, а при  $k < k_{кр}$  – формирование выбросоопасной ситуации.

Количественная оценка опасности выполняется посредством анализа силового взаимодействия в приконтурной части пласта по методу В.И. Мурашева. Для этого разработан способ определения зоны, содержащей ТУГР по типу газогидратов (получено положительное решение о выдаче патента на изобретение) и программа расчета показателя выбросоопасности краевой зо-

ны угольного пласта с учетом гидратонасыщенности и основных горно-геологических условиях залегания. Приведен пример реализации метода в условиях шахт Березовская пласт XXVI, «Северная» пласт Владимировский и «Анжерская» пласт Андреевский и др.

Таким образом, четвертое научное положение, развивая результаты предыдущих, завершает реализацию основной идеи работы в направлении поставленной цели, устанавливает критерии оценки горно-технологических ситуаций, что обеспечивает инновационную основу применения в промышленности.

### **3. Достоверность и новизна результатов.**

Достоверность научных положений, выводов и результатов обеспечена применением оригинальных методов исследования на современном лабораторном оборудовании; методов математического и численного моделирования; основных классических методов термодинамики, механики сплошных сред и методов статистической обработки экспериментальных данных; а также сходимостью результатов исследований с данными других авторов.

### **4. Научная новизна работы заключается:**

- в установлении термодинамических параметров и минимальной влажности, необходимой для образования газогидратов, и их распределения по объему угольной матрицы.
- в определении скорости диссоциации газогидратов в зависимости от размера частиц, а также в установлении соответствия между скоростью подвигания границы диссоциации газогидратов и скоростью распространения волны дробления (по академику С.А. Христиановичу).
- в разработке математических моделей распределения газового давления в краевой зоне угольного пласта после начала процесса диссоциации газогидратов с учетом переменного коэффициента проницаемости краевой зоны угольного пласта.

- в определении критического значения проницаемости краевой зоны угольного пласта для определения вида ГДЯ (внезапный выброс или загазирование выработки) с учетом гидратонасыщенности зон.

## **5. Значимость результатов для науки и практики.**

Значимость результатов диссертационной работы для науки заключается в установлении закономерностей образования и диссоциации газогидратов в угольной матрице, расширяющих наши представления о свойствах и состояниях углеметановых геоматериалов с созданием оригинальных методов исследования на современном лабораторном оборудовании.

Практическая значимость заключается в разработке методики прогноза ГДЯ при проведении подготовительных выработок с учетом газогидратов, позволяющей совершенствовать технологии их предотвращения для повышения безопасности горных работ.

## **6. Замечания по диссертационной работе.**

1. Принятое автором определение «ТУГР по типу газогидрата» противоречиво. Введенное в 1981 г. И.Л. Этингером определение «твердый углегазовый раствор» указывает на наличие молекул метана в строении угля без их химического взаимодействия и фазовых переходов (газированная вода). Метан же в составе газогидрата находится в существенно иной форме.
2. В тексте и на графиках фигурирует термин «давление» без пояснений представляет ли его величина совокупность горного и газового давлений или только давление свободного газа.
3. В диссертации не приведено пояснение, каким образом получены расчетные значения Р-Т проекций фазовых диаграмм (рис. 1.3). Их сопоставление с приведенными ниже исходными данными (табл. 1.5) показывает, что значения давления газа завышены. Например, на глубинах менее 300 м его величина указывается до 9 МПа. К тому же, графики на рисунках 1.3 и 5.1 количественно не согласуются.
4. В списке литературы допущены повторения.

## 7. Общая оценка диссертационной работы.

Диссертация хорошо оформлена, написана технически грамотным языком; состоит из введения, пяти глав, заключения. Содержит 118 страниц текста, 29 рисунков, 10 таблиц, список литературы из 101 наименования. Содержание диссертации достаточно полно освещено в открытой научной печати. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертация Ким Татьяны Леонидовны «Разработка и обоснование метода прогноза газодинамических явлений в подготовительных выработках с учетом газогидратов» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по разработке и обоснованию метода прогноза газодинамических явлений в подготовительных выработках с учетом существования природного газа по типу газогидратов в угольных пластах.

Представленная диссертационная работа соответствует п. 4 паспорту специальности 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» и отвечает требованиям ВАК РФ и профилю диссертационного совета Д. 212.102.02., а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент,  
доктор технических наук,  
профессор,

заведующий лабораторией

Федерального государственного

бюджетного учреждения науки Института угля Сибирского отделения Российской академии наук, 650065, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10

тел.: 8(3842)74-19-51; e-mail: Gas\_coal@icc.kemsc.ru

  
Полевщиков Геннадий Яковлевич

14.10.2014 г.

Подпись Г.Я. Полевщикова удостоверяю,

ученый секретарь ИУ СО РАН,  
кандидат технических наук, доцент

«14» октября 2014 г.

  
М.В. Писаренко

