

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

**Беспалько Анатолия Алексеевича,**

**«Физические основы и реализация метода электромагнитной эмиссии для мониторинга и краткосрочного прогноза изменений напряженно-деформированного состояния горных пород»,**

представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Диссертация представлена в виде рукописи объемом 376 страниц. Она включает введение, шесть глав, заключение и список цитируемой литературы из 370 наименований. Диссертация проиллюстрирована 174 рисунками и содержит 11 таблиц. В конце диссертации приведены 3 приложения на 19 страницах. Автореферат диссертации объемом 44 страницы содержит 24 рисунка и полностью отражает суть работы.

Структура диссертации хорошо продумана и отличается стройностью изложения. Названия глав, разделов и подразделов сформулированы кратко и удачно. Разделы и подразделы глав вполне самостоятельны, полностью излагают суть вопроса и, вместе с тем, каждый последующий раздел или подраздел вытекает из предыдущего. Материал изложен четко и хорошо проиллюстрирован. Текст диссертации и автореферата написаны в хорошем стиле, простым и понятным языком.

**Актуальность** темы диссертационной работы не вызывает сомнений, поскольку краткосрочный прогноз поведения природной среды при использовании энергии взрыва при добыче полезных ископаемых способствует предотвращению чрезвычайных ситуаций, в том числе исключение человеческих жертв и уменьшению экономических потерь. В диссертации эта задача решается на основе электромагнитной эмиссии гетерогенных диэлектрических материалов, какими в основном являются горные породы. Эта задача не может решаться без знания закономерностей развития опасных геодинамических процессов, без установления связей между параметрами и характеристиками электромагнитной эмиссии и развитием дистракционных процессов, без знания процессов механоэлектрических преобразования, протекающих в горных породах и связанных с их структурным строением. Важным является понимание распределение зарядового состояния контактов минералов и минеральных включений в горные породы, влияние внешних акустических воздействий на параметры электромагнитных сигналов горных пород, в том числе в электрических и магнитных полях. Очевидна также и значимость изучаемого диссертантом метода механоэлектрических преобразований как средство мониторинга и прогноза изменений напряженно-деформированного состояния горных пород в сейсмически активных районах Алтай-Саянской складчатой горной области Сибири, где ведется разработка крупных железорудных месторождений.

**Степень обоснованности** положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, очень высока. Для их обоснования А.А. Беспалько использовал богатый фактический материал. Объем выполненных им исследований значителен. Соискателем ученой степени достаточно подробно приведены результаты теоретических расчетов, лабораторных и натурных исследований в шахте железорудного месторождения, а также приведены функциональные схемы и алгоритмы работы

созданных им автономных цифровых регистраторов электромагнитных сигналов, включая алгоритмы обработки результатов измерений. Изложенные результаты исследований осуществлены не только им самим или под его непосредственным научным и практическим руководством, но и другими специалистами, не имеющими отношения к данной диссертации. По мнению официального оппонента это в значительной мере повышает объективность авторских рассуждений и выводов.

**Достоверность** выдвинутых диссертантом научных положений также высока, поскольку в своих выводах он в максимальной степени опирается на фактический материал и процессы, не противоречащие законам физики. Кроме того А.А. Беспалько использовал при получении своих выводов сопоставление с выводами других исследователей. Хотелось бы отметить, что диссертант объективен в оценке возможностей предлагаемых решений и далек от саморекламы.

**Новизна** исследований и разработок диссертанта очевидна. Собранный им фактический материал и результаты осуществленных экспериментальных лабораторных и натурных исследований в шахте Таштагольского железорудного месторождения заметно обогащают существующие представления о закономерных связях параметров и характеристик электромагнитной эмиссии с развитием деструктивных зон и разрушения горных пород. Новыми являются результаты, определяющие связь амплитудно-частотных параметров электромагнитных сигналов и характеристики электромагнитной эмиссии со структурным и текстурным строением горных пород и их зарядовым состоянием, влажностью и амплитудно-частотными параметрами возбуждающего акустического импульса при механическом воздействии, в том числе во внешних постоянных электрических и магнитных полях. Новыми являются и результаты определения по амплитудно-частотным параметрам электромагнитных сигналов, а также по характеристикам электромагнитной эмиссии формирования и развития зон деструкции горных пород. Особый статус имеют экспериментальные данные по характеристикам электромагнитной эмиссии, измеряемой в шахтном поле рудника после технологических взрывов, а также температура инфракрасного свечения скважин, отверстий и контактов горных пород, связанных с действующими механическими напряжениями и прочностью структурных составляющих породы. Уникален использованный А.А. Беспалько для решения поставленных задач комплекс разнообразных методов и технических средств как при лабораторном физическом моделировании, так и в натурных условиях шахты. Автором разработан новый тип программно-аппаратных аналого-цифровых регистраторов электромагнитных и акустических сигналов РЭМС1 и РЭМАС1, при создании которых использован комплексный подход, расширяющий их возможности при работе в условиях подземных сооружений. В большинстве своем они были разработаны диссертантом лично.

Диссертация обладает рядом достоинств. Ее теоретическая ценность связана с тем обстоятельством, что А.А. Беспалько глубоко, с использованием разных методик физического моделирования, исследовал закономерные связи электромагнитной эмиссии с процессами образования деструктивных зон и развитием разрушения, как в лабораторных образцах, так и в массивах горных пород. Практическая значимость диссертации определяется тем, что А.А. Беспалько в конкретных условиях шахтного поля железорудного месторождения указал пути использования результатов своих научных исследований для оценки изменений напряженно-деформированного состояния образцов и массивов горных пород. Диссертант успешно внедрил результаты своих исследований и

разработки на шахтах Таштагольского месторождения.

Результаты диссертационной работы целесообразно использовать для мониторинга геодинамической обстановки в шахтах и других подземных сооружениях, при обосновании и выборе мер, направленных на предупреждение процессов разрушения в гетерогенных диэлектрических изделиях и чрезвычайных ситуаций, связанных с геодинамическими проявлениями.

Отдельно хотелось бы отметить широкую эрудицию диссертанта в областях физики твердого тела, неразрушающего контроля материалов и окружающей среды, инфракрасной радиометрии, геологии и геофизики, а также в области горного дела. Кроме того, А.А. Беспалько проявил тщательность в оформлении работы и высокую научную добросовестность.

Вместе с тем, считаю необходимым высказать несколько **замечаний** в отношении оппонируемой работы.

1. Диссертационная работа А.А. Беспалько не менее чем на четверть выполнена в предметном поле смежной научной специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

2. В главе 4 отсутствуют данные прямых измерений проводимости при интерпретации изменений параметров электромагнитных сигналов и напряженно-деформированного состояния образцов горных пород.

3. В главе 3 на странице 105 и на странице 15 автореферата при разработке метода электромагнитной эмиссии для мониторинга изменений напряженно-деформированного состояния массива горных пород приведен в качестве одного из применяемых электрометрический метод. В то же время примеры его использования в главе 5 диссертации отсутствуют.

4. Предложенный А.А. Беспалько в разделе 6.3. алгоритм определения деструктивных зон требует определенной доработки путем набора статистических сведений.

Несмотря на перечисленные выше замечания, они не снижают ценности работы, выполненной диссертантом, которая, несомненно, заслуживает высокой оценки. Считаю, что диссертация А.А. Беспалько является законченной научно-квалификационной работой. В ней на основе самостоятельно выполненных автором разработок и исследований созданы программно-аппаратные регистраторы, получены значимые результаты, совокупность которых можно квалифицировать как научные и практические достижения в области неразрушающего контроля гетерогенных неметаллических материалов и природной среды.

Рассматриваемая диссертация представляет большой теоретический и практический интерес. Ее основные положения изложены в 105 печатных работах, в том числе в 37 публикациях, опубликованных в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, а также в 24 публикациях, индексируемых в Scopus и Web of Science. Практическая востребованность полученных результатов также подтверждается 1 патентом и 7 свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации. Сама же диссертация полностью соответствует критериям, установленным порядком присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете

Исходя из вышеизложенного, считаю, что диссертация Беспалько Анатолия

Алексеевича «Физические основы и реализация метода электромагнитной эмиссии для мониторинга и краткосрочного прогноза изменений напряженно-деформированного состояния горных пород» полностью отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий, а ее автор, несомненно, заслуживает присуждение ему ученой степени доктора технических наук.

Доктор технических наук,  
заведующий лабораторией  
«Механики полимерных композиционных материалов»  
ФГБУН «Институт физики прочности и  
материаловедения Сибирского отделения  
Российской академии наук

С.В. Панин

20 мая 2019 года

Подпись д.т.н., заведующего лабораторией  
«Механики полимерных композиционных материалов»  
ФГБУН «Институт физики прочности и  
материаловедения СОРАН  
С.В. Панина удостоверяю

Ученый секретарь ИФПМ СО РАН  
к.ф.-мат.



Н.Ю. Матолыгина

Панин Сергей Викторович  
Россия, Томск,  
Академический проспект, 2/4.  
р.т. 8(3822)286-904,  
E-mail:svp@ispms.ru