

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пантелеева Ивана Алексеевича «Деформирование горных пород и геосред: анализ развития анизотропной поврежденности и локализации деформации», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела.

В настоящее время важной научно-технической проблемой горного дела в области обеспечения безопасного проведения различного рода работ и обустройства долговременных хранилищ является переход от концепции допустимого риска к обеспечению защищенности при обследовании, реконструкции и эксплуатации шахтных выработок. Это возможно только при организации постоянного цифрового мониторинга состояния горных пород, а также построении и реализации адекватных теоретических и численных моделей их поведения при деформировании с учётом, в частности, процессов развития анизотропной поврежденности и локализации деформации. Поэтому тема диссертации является *актуальной*, и название её *соответствует* основному содержанию.

Поставленная диссертантом *цель* включает в себя разработку модели деформирования горных пород для описания ориентационных эффектов развития в материале поврежденности и уплотнения при трехосном нагружении, а также способов её экспериментальной верификации на основе проявления эффекта Кайзера, как отсутствия акустико-эмиссионного отклика на нагружение материала до превышения величины предыдущей приложенной к нему нагрузки, известного как акустоэмиссионный эффект памяти. В работе установлены условия проявления этого эффекта при трехосном непропорциональном сжатии песчаника.

Следует отметить *новизну* разработки 3-х ступенчатого алгоритма уточнения неустойчивых решений для тензора сейсмического момента событий АЭ, а также построение нелинейной реологической модели деформирования хрупкого тела с трехмерным тензором поврежденности, и её обобщение на случай учёта направленного уплотнения среды.

В качестве *замечаний* можно отметить, что изученный соискателем эффект Кайзера, относящийся к особенностям проявления акустической эмиссии при непропорциональном сжатии горных пород, сходный с явлением деформационного упрочнения в металлах и сплавах, может быть объяснен уплотнением структуры материала (Лавров А.В. и др.) и частично масштабным эффектом (scaling similarities, Kapiris P.G. et al.), но структурных исследований смены носителей деформации, судя по автореферату, соискателем проведено не было. За основу были приняты постулаты нелинейной механики ДТТ и континуальной механики поврежденности, применение которых для существенно пористых и трещиноватых тел, свойства которых меняются как от влажности, так и от масштаба и уровня нагружения, не обосновано. Также в автореферате не указано, как закономерности, выявленные на модельных образцах, могут быть перенесены на горные массивы реальных размеров. Это важный вопрос, касающийся создания и дальнейшего широкого использования адекватных математических моделей и цифровых двойников объектов различного масштаба, таких как горные системы, пласты, шахтные выработки в породах различного состава и свойств, где этот эффект может проявляться совершенно по-разному. Его учёт без многомасштабного системно-структурного рассмотрения возможен только с привлечением большого объёма эмпирических данных и моделей, что сводит на нет все усилия по построению обобщенных моделей деформационного поведения горных пород, тем более при сложных траекториях нагружения. Не продемонстрирована также робастность модели.

В связи с этим можно говорить только о возможных перспективных попытках применения таких моделей на практике, что сказалось и на практической значимости данной работы. Диссертантом прогнозируется ограниченное применение разработанной методики восстановления компонент тензора сейсмических моментов событий акустической эмиссии для контроля только отдельных элементов шахтных полей при локальном геомониторинге. Поэтому, несмотря на высокую актуальность применения таких моделей для мерзлых пород

криолитозоны, рекомендовать их в качестве решения задач нефте-газодобычи, а также создания стратегических запасов на Северо-Востоке России и в регионах Арктики, на данном этапе исследований было бы преждевременно.

Тем не менее, в теоретическом аспекте работа достаточно широко *апробирована* на научных конференциях, школах, и специализированных семинарах, прослеживается тесная связь с рядом ведущихся Программ фундаментальных научных исследований Миннауки РФ, РФФИ и РНФ, результаты *опубликованы* диссертантом в 22 статьях, из которых 16 в ведущих научных журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ для представления результатов докторских диссертаций.

Судя по автореферату, *личный вклад* автора составляет существенную часть диссертации, все результаты получены с его непосредственным участием. Отдельно следует отметить, что автореферат написан ясным, сжатым и *понятным языком* с использованием привольной научной *терминологии* по выбранной специальности. В автореферате имеются *опечатки*, связанные с неправильным наименованием министерств и ведомств. Например, на стр.11, Министерство науки и высшего образования названо Министерством образования и науки РФ, также не упомянуто участие ВАК РФ в утверждении перечня рецензируемых научных изданий для публикации результатов диссертаций.

В целом автореферат *отражает* актуальность, степень разработанности темы, цель и задачи, научную новизну, достоверность и практическую значимость, методологию и методы исследования диссертации Пантелеева И.А., а сама работа является *завершённым* научным исследованием и вносит существенный вклад в теоретические представления и развитие экспериментальных методов исследования горных пород и геосред.

Таким образом, диссертация «Деформирование горных пород и геосред: анализ развития анизотропной поврежденности и локализации деформации» *соответствует* всем требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор Пантелеев Иван Алексеевич *заслуживает* присуждения учёной степени *доктора физико-математических наук* по научной специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твёрдого тела.

Г.н.с. отдела № 30 моделирования процессов разрушения, директор
Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН –
обособленного подразделения Федерального исследовательского центра
«Якутский научный центр СО РАН», доктор технических наук,
действительный член Академии наук Республики Саха (Якутия)

Лепов Валерий Валерьевич
(специальность 01.02.06 – динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры)
Адрес: 677980, г.Якутск, ул. Октябрьская, д.1, ИФТПС СО РАН
Тел. 4112390601, e-mail: lepov@iptpn.ysn.ru

Подпись Лепова В.В. удостоверяю,
Ученый секретарь ИФТПС СО РАН, к.ф.-м.н.

Протождьяконова Надежда Анатольевна

Я, Лепов Валерий Валерьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.