

**Отзыв научного руководителя на диссертационную работу
Индакова Глеба Сергеевича
«Термостимулированная акустическая эмиссия в горных породах и ее связь с
микроструктурой»,
представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.6.9. Геофизика.**

Диссертационная работа Индакова Г.С. посвящена актуальному направлению наук о Земле – изучению разрушения горных пород при термическом воздействии. Такое воздействие характерно для больших глубин земной коры, вулканических построек, а в некоторых случаях – для процессов в горных выработках и скважинах, связанных с добычей углеводородного сырья. Несмотря на широкую распространенность геомеханических испытаний горных пород, особенности их разрушения при термическом воздействии изучены недостаточно. Термическое разрушение отличается от разрушения при механических испытаниях отсутствием консолидации разрушения в крупных трещинах. Известно, что при механическом разрушении размеры зерен горных пород не оказывают значимого влияния на параметры акустической эмиссии (АЭ). Для термического разрушения такие данные отсутствуют. Поэтому вопрос характеристики процесса термического разрушения и его связи со свойствами породы, в частности – микроструктурой породы, остается актуальным, и его изучению посвящена работа соискателя.

Глеб Сергеевич начал работать над частью данной темы будучи еще студентом кафедры физики Земли Физического факультета МГУ. Он смог тщательно обосновать адаптацию сейсмологических методик к термически стимулированной акустической эмиссии (ТАЭ), обработать и проанализировать первые экспериментальные результаты. Дальнейшие исследования он продолжил в аспирантуре МГУ. За это время он существенным образом расширил свой кругозор, освоил новые методики, участвовал в подготовке экспериментального материала и проведении экспериментов. Он показал себя как инициативный исследователь, в частности, освоил и применил к экспериментальным данным современные методы машинного обучения. Индаков Г.С. проявлял настойчивость в решении задач, взаимодействовал с коллегами, активно участвовал в научных мероприятиях, в том числе – международного уровня.

В своей работе Индаков Г.С. последовательно и связно излагает предпосылки, методику и результаты исследования. В соответствии с этим работа разбита на пять соответствующих глав. В первой главе дается обзор современных исследований по тематике работы и обосновывается актуальность. Во второй главе приводятся данные по экспериментальному материалу – горным породам разного типа: магматического (граниты и базальты) и метаморфического (метапесчаники, испытавшие метаморфизм при разных давлениях и температурах) происхождения, а также искусственные (модельные) породы. Описана методика экспериментов по термическому разрушению. Третья глава посвящена методикам анализа АЭ и корректной оценки параметров, прежде всего, активности и наклона графика повторяемости, а также методикам анализа группируемости импульсов АЭ. Четвертая глава посвящена методикам оценки параметров микроструктуры на основе данных микроскопии, а также их верификации. Пятая глава – сравнительному анализу экспериментальных данных по АЭ и микроструктуре.

Исследование, проведенное Индаковым Г.С., показало, что, во-первых, особенности ТАЭ при нагреве различны для образцов горных пород разных типов. Для гранитов и базальтов средняя активность АЭ и наклон графика повторяемости коррелируют, а для метапесчаников и искусственной породы – не коррелируют друг с другом. Во-вторых, что для метапесчаников наклон графика повторяемости импульсов ТАЭ не зависит от размера зерна, но для образцов искусственной породы, представляющих собой сцементированные фракции песок с разным размером зерна и не претерпевшие метаморфических преобразований, такая зависимость существует. В-третьих, при отсутствии крупных дефектов в образце горной породы, таких как трещины и включения, основной вклад в ТАЭ вносят распределенные источники.

Указанные результаты легли в основу защищаемых положений. Часть из них обладает теоретической значимостью, важной для расширения фундаментальных представлений о характере развития термического разрушения в горных породах. Отсутствие корреляции между наклоном графика повторяемости и размером зерна оказывается схожим у механического и термического разрушений. Необычным и новым является то, что между активностью и наклоном графика повторяемости есть корреляция для магматических пород, но нет – для метаморфических. Это может служить основой дальнейших исследований. Важно, что результаты по конкретным породам имеют прикладное значение, например, для разработки месторождений, а созданные методики и зарегистрированное программное обеспечение может использоваться другими исследователями.

Индаков Глеб Сергеевич по содержанию подготовленной диссертации, а также по совокупности проведенных работ и освоенных компетенций, показал себя высококвалифицированным специалистом, готовым к осуществлению научной деятельности. Полученные им результаты опубликованы в высокорейтинговых рецензируемых журналах, рекомендованных к публикации результатов диссертаций, представляемых для защиты в диссертационных советах МГУ имени М.В. Ломоносова.

Диссертационная работа Глеба Сергеевича Индакова представляет собой законченное научное исследование, отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней МГУ имени М.В. Ломоносова и паспорту научной специальности 1.6.9 Геофизика. Считаю, что соискатель Индаков Глеб Сергеевича заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9 Геофизика.

Научный руководитель
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник
Института физики Земли РАН

_____ Казначеев П.А.
(подпись)

« 05 » сентября 2025 года.