

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Индакова Глеба Сергеевича «Термостимулированная акустическая эмиссия в горных породах и ее связь с микроструктурой», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9 Геофизика

Диссертационная работа **Индакова Глеба Сергеевича** посвящена исследованию особенностей развития термически стимулированного разрушения в образцах горных пород на основе анализа акусто-эмиссионных данных и сопоставления их с данными по микроструктуре.

Одним из важнейших фундаментальных направлений исследований в науках о Земле является изучение разрушения горных пород. В настоящее время активно развивается направление механических испытаний образцов горных пород, предварительно подвергнутых высокотемпературному воздействию. В исследованиях научных групп, ведущих исследования по этой тематике и близким тематикам, как правило, практически отсутствуют данные о характере развития термически стимулированного разрушения. Диссертант затрагивает малоизученное направление лабораторных исследований, касающееся взаимосвязи термостимулированной акустической эмиссии и микроструктуры горной породы. Несомненно, данная тема является актуальной и важной для получения более детальной информации о свойствах горных пород и прогнозирования развития разрушения горных пород при воздействии высоких температур.

Диссертация **Индакова Глеба Сергеевича** состоит из пяти глав. В первой главе автор приводит обзор современного состояния исследования процессов разрушения горных пород. Здесь затрагиваются вопросы, касающиеся методов неразрушающего контроля, микроструктурных особенностей горных пород и методов определения размеров зерен на основе микроструктурных снимков. Кроме этого в этой главе приводится краткий обзор экспериментов по разрушению горных пород при механическом и термическом воздействии. Затрагиваются вопросы группируемости событий акустической эмиссии. Отмечается сложность регистрации акустических событий при высоких (более 400<sup>0</sup>С) температурах.

Во второй главе приводится экспериментальный материал и методика проведения экспериментов. Экспериментальный материал включает природные образцы гранитов, базальтов, песчаников и метапесчаников, а также искусственные образцы из кварцевого песка различной зернистости с гипсовым связующим. Отдельные разделы этой главы посвящены оптической, электронной микроскопии и широкополосной акустической спектроскопии.

В третьей главе автор приводит результаты проводимых экспериментов. В качестве параметров термически стимулированной акустической эмиссии приводятся её активность, наклон графика повторяемости и кластеризация сигналов термостимулированной акустической эмиссии.

Четвертая глава диссертации посвящена параметрам микроструктуры исследуемых образцов. В ней проводится оценка размеров зерен различными методами. В заключении главы идет верификация полученных оценок.

И наконец, пятая глава посвящена результатам проведенной работы и их обсуждению. Завершается пятая глава выводами.

В автореферате четко и доходчиво обозначены цели и задачи представленной работы, ее научная новизна. Одним из важных пунктов новизны работы является ТО, что автором показано наличие корреляции между активностью термоакустической эмиссией (ТАЭ) для базальтов и гранитов при отсутствии такой корреляции для метапесчаников и модельных

образцов. Впервые выявленное формирование групп импульсов ТАЭ для образцов с заранее сформированными крупными трещинами интересно в плане дальнейших исследований данного эффекта.

Теоретическая и практическая значимость представленной работы не вызывает сомнений, поскольку расширяет наши знания в области развития разрушения и поведении материалов при воздействии высоких температур.

В своей работе автором применены современные методы исследований, включая методы машинного обучения и искусственный интеллект.

**Индаков Глеб Сергеевич** в своей работе выносит на защиту три положения, которые касаются особенностей ТАЭ, изменения наклона графика повторяемости импульсов ТАЭ и о вкладе распределенных источников в ТАЭ. Все три положения в представленной работе в достаточной степени обоснованы. Так же не вызывает сомнений и личный вклад автора в представленную работу, такой как самостоятельная формулировка задач исследования, подбор методов и их теоретическое обоснование. Степень достоверности полученных результатов подтверждается большим количеством проведенных экспериментов, верификацией полученных результатов независимыми методами и комплексным применением современных экспериментальных методик.

Представление основных идей и положений диссертационной работы в 4-х статьях и 19 международных конференциях говорит о большой проделанной работе.

В качестве замечания я отметил бы, что автору необходимо с осторожностью подходить к вопросу оценке типизации возникающих трещин (сдвиг или растяжение) опираясь только на параметр AF и RA. Однако учитывая специфику экспериментов по термостимулированию горной породы и невозможность установления на образце системы акустических датчиков, данный метод остается практически единственным, пригодным для такой оценки.

Диссертационное исследование представляет собой завершенную научно-квалификационную работу и полностью отвечает требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а соискатель, Индаков Г.С., заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9 Геофизика.

Я, Патонин Андрей Викторович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Патонин Андрей Викторович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, лаборатория петрофизических и геомеханических исследований (лаб. 205-ОБ), Геофизическая обсерватория «Борок» – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта Российской академии наук (ГО «Борок» ИФЗ РАН), 152742, Ярославская обл., Некоузский р-н, пос. Борок, д. 142, телефон/факс 8(48547)24-024