

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 Г. С., судя по автореферату, посвящена актуальной научной проблеме – изучению закономерностей формирования термически стимулированных процессов разрушения горных пород. В прикладном аспекте результаты проведенных исследований крайне актуальны, например, при оценке геодинамической (сейсмической) опасности месторождений высоковязких нефтеей, которые разрабатываются методами парогравитационного дренажа.

Целью работы является установление возможной взаимосвязи между особенностями термически стимулированной акустической эмиссии (ТАЭ) в образцах горных пород и параметрами их микроструктуры. Для реализации этой цели были решены ряд задач научно-методического характера.

Несомненной **научной новизной** является надежно установленные закономерности, например, что для некоторых горных пород (базальты и граниты) существует сильная корреляция между активностью ТАЭ и наклоном графика повторяемости (*b*-value), для других (метапесчаники и модельная порода) корреляция слабая. Так же впервые показано, что активность ТАЭ и величина *b*-value для метапесчаников не коррелируют со средним размером зерен, а величина *b*-value для модельной горной породы коррелирует с размером зерна.

**Теоретическая и практическая значимость** проведенных исследований заключается в том, что показано как индивидуальные особенности развития разрушения различных горных пород при термическом

воздействии связаны с поведением статистических параметров ТАЭ, таких, как активность и *b*-value.

Установлено, что для образцов гранитов и базальтов величина (*b*-value) уменьшается с увеличением средней активности, что может быть объяснено в рамках модели лавинно-неустойчивого трещинообразования, адаптированной для термического воздействия. Для образцов метапесчаников и искусственных образцов подобной зависимости не наблюдается.

В прикладном аспекте значимость работы связана с адаптацией методов анализа сейсмологических данных для данных лабораторных экспериментов по термическому воздействию и развитием методов микроструктурного анализа горных пород на основе оптических микрофотографий шлифов. Были разработаны специализированные методики и программное обеспечение, зарегистрированное в установленном порядке. Важно отметить, что предложенные методики и программы могут быть с успехом использованы для анализа данных других экспериментов по термическому воздействию и эффективной оценки различных параметров, характеризующих микроструктуру горных пород.

**Научные положения**, выносимые на защиту удачно сформулированы, глубоко аргументированы, а их достоверность непосредственно следует из полученных результатов проведенного исследования.

Для обработки временных сигналов, включающей амплитудный, спектральный, корреляционный, статистический анализ, использовано как стороннее сертифицированное программное обеспечение, так и программное обеспечение собственной разработки, на которое получены свидетельства о регистрации. Для обработки параметров импульсов ТАЭ, наряду со стандартными подходами метода акустической эмиссии, использованы статистические подходы сейсмологии, адаптированные для анализа данных лабораторных экспериментов. Большой интерес и дополнительную достоверность полученных результатов демонстрирует тот факт, что обработка многопараметрических данных проведена методами машинного обучения,

включающими классификационные подходы, поиск аномалий и кластеризацию.

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 4 статьях высокорейтинговых журналов и многократно докладывались на научных симпозиумах и конференциях в нашей стране и за рубежом.

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 Глеб Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9 Геофизика.

Я, Кузьмин Юрий Олегович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Доктор физ.-мат. наук, профессор Кузьмин Ю. О.

Зам. директора по вопросам геодинамики и  
мониторинга ответственных объектов

ФГБУН Института физики Земли имени О.Ю. Шмидта РАН,  
123242, г. Москва, Б. Грузинская ул., д. 10, стр. 1,  
телефон: 8-499 254-65-65  
e-mail: kuzmin@ifz.ru

Кузьмин Ю. О.  
2 декабря 2025 г.