

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор федерального государственного
бюджетного учреждения науки «Институт
горного дела им. Н. А. Чинакала» Сибир-
ского отделения Российской академии
наук



А.П. Хмелинин
«30» января 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук
на диссертационную работу Гапеева Артема Андреевича «Изучение закономерностей изменения электрических свойств горных пород в низкочастотном диапазоне», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»

Актуальность темы диссертации обусловлена возрастающей ролью электромагнитных методов при изучении породных массивов в сложных горногеологических условиях. Корректная интерпретация данных геофизических наблюдений требует глубокого понимания закономерностей изменения электрических свойств горных пород (относительной диэлектрической проницаемости, удельной электропроводности и тангенса угла диэлектрических потерь) в низкочастотном диапазоне от 100 Гц до 1 МГц. Исследование этих характеристик позволяет повысить информативность геофизических измерений и достоверность идентификации геоматериалов.

Научная новизна работы заключается в комплексном экспериментальном установлении закономерностей частотной дисперсии электрических свойств горных пород различного генетического типа в диапазоне частот до 1 МГц. Получены и систематизированы зависимости изменения диэлектрической проницаемости, удельной электропроводности и тангенса угла диэлектрических потерь для осадочных, метаморфических и магматических пород в сухом состоянии, а также для осадочных пород при полном водонасыщении. Показано, что водонасыщение приводит к существенному смещению верхней границы частотного диапазона проявления дисперсии действительной части комплексной диэлектрической проницаемости: с области около 10 кГц для сухих образцов до области 100-500 кГц для песчаников и известняков в полностью водонасыщенном состоянии. Установлены особенности изменения диэлектрических характеристик и их частотной дисперсии при замораживании водонасыщенных осадочных пород до температуры -40 °C, а также выявлены характерные диапазоны изменения тангенса угла диэлектрических потерь в исследуемом частотном интервале для сухих и водонасыщенных известняков и песчаников при нормальных и отрицательных температурах.

Научная ценность исследования заключается в теоретическом обосновании краевых эффектов конденсаторного метода и разработке подходов к их компенсации при измерении электрических свойств горных пород. Установлены зависимости вариации действительной и мнимой частей комплексной диэлектрической проницаемости, а также тангенса угла диэлектрических потерь для образцов пород в сухом виде, при полном водонасыщении и в условиях замораживания.

Практическая значимость работы состоит в создании и экспериментальной проверке методики высокоточного определения диэлектрической проницаемости и удельной проводимости горных пород сложной формы в лабораторных условиях. Установленные зависимости изменения электрических свойств пород различного генезиса в диапазоне частот 100 Гц – 1 МГц могут быть использованы при интерпретации геофизических данных и в инженерно-геологических исследованиях (ИГД СО РАН, Геофизический центр РАН, ООО «ССЛ», АО «Росгеология» и др.).

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается корректным использованием комплекса теоретических и экспериментальных исследований, достаточным объемом достоверных измерений, выполненных с применением аттестованных установок и приборов. Разработанная методика прошла апробацию на модельных образцах и была успешно использована при исследовании горных пород различных генотипов. Полученные результаты хорошо согласуются с теоретическими расчетами и данными, опубликованными другими авторами, что подтверждает надежность научных положений и выводов работы.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на международных научно-технических конференциях. По теме диссертационной работы опубликовано 4 печатных работ, в том числе 3 – в научных статьях в рекомендованных ВАК РФ, в том числе 2 из них, входящих в международную базу данных Scopus.

Структура и основное содержание диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 136 наименований и трех приложений, изложена на 138 страницах текста и содержит 20 рисунков и 5 таблиц.

Во введении автором обоснована актуальность работы, сформулированы цель и идея исследования, приведены основные научные положения, научная и практическая значимость результатов исследования.

В первой главе проанализировано современное состояние исследований в области изучения частотной зависимости электрических свойств горных пород, в том числе при отрицательных температурах; рассмотрены различные релаксационные процессы и модели, а также методы исследования электрических свойств.

Вторая глава посвящена теоретическим основам частотной зависимости электрических свойств горных пород, применяемому в работе конденсаторному методу измерения емкости плоского конденсатора, заполненного образцом горных

пород, с учетом возникающих краевых эффектах при данном методе; разработке методики проведения дальнейших экспериментов.

Третья глава посвящена исследованию электрических свойств горных пород трех генотипов (осадочного, магматического и метаморфического) в сухом состоянии с использованием методики прецизионного определения диэлектрической проницаемости и удельной проводимости горных пород на образцах неправильной формы в лабораторных условиях. Установлены различия в закономерностях уменьшения значений действительной и мнимой частей комплексной диэлектрической проницаемости.

В четвертой главе приведены результаты исследования дисперсии электрических свойств горных пород, песчаника и известняка, в полном водонасыщенном состоянии при нормальных условиях и при отрицательной температуре -40°C . Установлены изменения наблюдаемой частотной дисперсии при полном водонасыщении, а также при изменении температуры с положительной на отрицательную.

В заключении соискателем Гапеевым А.А. приводятся основные научные результаты и выводы работы.

В приложениях представлены методика определения диэлектрической проницаемости и удельной проводимости горных пород на образцах неправильной формы в лабораторных условиях, а также численные значения измеренных величин и параметров электрических свойств исследуемых горных пород.

Замечания по работе:

1. На рисунке 2.1 приведено сравнение результатов расчета емкости плоского конденсатора методом конечных элементов и методом аналитического расчета по формуле, однако не приведено само моделирование плоского конденсатора с возникающими краевыми эффектами с использованием какого-либо специализированного программного пакета. Выполнялось ли данное моделирование?

2. Для исследуемых в работе образцов приведено их описание, однако отсутствует дальнейший анализ и составление зависимостей электрических свойств от количественного содержания того или иного минерала в образцах.

3. Подтверждение разработанной методики проводилось на 2 модельных образцах стекла. Не стоило ли рассмотреть также другие модельные образцы, из других материалов и с другими диэлектрическими свойствами? Чем объясняется небольшое изменение (уменьшение) действительной части диэлектрической проницаемости с ростом частоты для данных модельных образцов на рисунке 3.1?

4. На рисунке 3.9 не указано среднеквадратичное отклонение значений удельной электропроводности и удельного сопротивления на каждой из частот, как было приведено на других рисунках (например, рисунках 3.2-3.8). Также не приведены значения среднеквадратичного отклонения значений электрических свойств на всех рисунках в главе 4.

Высказанные замечания не снижают ценности диссертационного исследования. Автореферат диссертации и опубликованные работы достаточно

полно отражают основные положения диссертации и результаты проведенных исследований.

Заключение.

Диссертационная работа Гапеева Артема Андреевича «Изучение закономерностей изменения электрических свойств горных пород в низкочастотном диапазоне», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС».

Автор диссертационной работы – Гапеев Артем Андреевич, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр».

Отзыв на диссертацию Гапеева А.А. «Изучение закономерностей изменения электрических свойств горных пород в низкочастотном диапазоне» обсужден и одобрен на объединенном заседании лаборатории горной геофизики и лаборатории механики горных пород Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, протокол № 2, от 30.01.2026 г.

Отзыв подготовили:

Патутин Андрей Владимирович,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
и.о. заведующего лабораторией горной геофизики ИГД СО РАН.

Специальность: 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород,
рудничная аэrogазодинамика и горная теплофизика»



Патутин А.В.

Красновский Андрей Анатольевич,
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник, заведующий
лабораторией механики горных пород ИГД СО РАН.
Специальность: 01.02.04. – «механика
деформируемого твердого тела»



Красновский А.А.

30 января 2026 г.

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук» (ИГД СО РАН), 630091, Новосибирская область, город Новосибирск, Красный проспект, д.54.

Официальный сайт: <http://www.misd.ru>

Телефон: +7 (383) 205-30-30, адрес электронной почты: mailgd@misd.ru

Подписи Патутина А.В., Красновского А.А. заверяю
Ученый секретарь ИГД СО РАН,
кандидат технических наук



Коваленко К.А.