



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИПКОН РАН,
академик

 Захаров В.Н.
«22» мая 2023 года

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук на диссертационную работу Пашкина Александра Игоревича на тему: «Разработка метода исследования структуры геоматериалов на основе широкополосной ультразвуковой спектроскопии с использованием ABCD-матриц», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.3 – «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»

Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы, содержащего 91 источник, и 1 приложения.

1. Актуальность темы диссертации

Технологии цифрового моделирования массива и образцов горных пород на сегодняшний день приобрели огромную значимость в областях добычи нефти и газа. Такое моделирование необходимо при оценке фильтрационных свойств пород коллекторов. Также эти технологии применяются при геофизической разведке месторождений полезных ископаемых, проектировании горных предприятий, геомеханической оценке состояния массива горных пород вокруг выработок и в ряде других практических задач.

Создание цифровой модели массива горных пород требует исследования его внутренней структуры, а также определения физико-механических свойств составляющих его пород.

В настоящее время при лабораторных испытаниях керна используются томографические методы исследований, основанные на различных физических явлениях. Однако на эффективность таких методов физических измерений существенно влияет их разрешающая способность сильно, зависящая от размеров исследуемого образца, что обуславливает требование использования отдельных дорогостоящих установок для образцов различных размеров.

Частично свободными от указанных недостатков являются методы волновой структуроскопии, основанные на фиксации видоизменений

акустических или электромагнитных сигналов при их прохождении через среду с неоднородностями. Однако многие вопросы, относящиеся к аппаратурному и методическому обеспечению таких исследований, в настоящее время остаются неразрешенными.

Поэтому разработка акустического метода исследования внутренней структуры и физико-механических свойств горных пород, позволяющего создать цифровую модель и исследовать образцы различных размеров одним комплектом аппаратуры является актуальной задачей.

2. Структура и основное содержание диссертационной работы

Первая глава содержит обзор современного состояния методов определения физико-механических свойств и внутренней структуры образцов горных пород. В данной главе обосновывается актуальность исследования; дается краткий обзор нескольких лабораторных физических методов оценки параметров, характеризующих нарушенность образцов геоматериалов; формулируются задачи исследования.

Вторая глава посвящена теоретическим основам моделирования распространения акустических волн в гетерогенных средах. В ней обоснована необходимость учета влияния таких явлений как дифракция, дисперсия фазовой скорости звука и эффекта частотной зависимости затухания при моделировании распространения звуковых волн. Разработана теоретическая модель распространения акустических сигналов с гауссовым распределением в поперечном сечении в параксиальном приближении на основе метода ABCD матриц.

Третья глава описывает алгоритм моделирования распространения акустических сигналов, созданный на основе теоретической модели, разработанной во второй главе. Также в главе обоснованы и введены аппроксимации расчетов для некоторых частных случаев и обоснованы принятые в процессе реализации алгоритма программные решения.

Четвертая глава посвящена методу исследования внутренней структуры геоматериалов, обоснованию его применимости и верификации. Приведено обоснование, описание и апробация разработанного метода определения структуры и физико-механических свойств геоматериалов. Глава содержит внушительный объем результатов инструментальных и вычислительных экспериментальных исследований внутренней структуры и физико-механических свойств горных пород на образцах различного генотипа разработанным методом.

3. Новизна исследований и значимость полученных результатов, выводов и рекомендаций

Новизна проведенного автором исследования заключается в:

- установлении закономерностей изменения под влиянием структурных неоднородностей информативных параметров широкополосных ультразвуковых сигналов, распространяющихся в слоистой среде, в режимах проходящих и отраженных волн;
- создании алгоритма получения информации о внутренней структуре геоматериалов на основе метода ABCD матриц с использованием программных средств обработки модельных и экспериментальных сигналов;
- использовании изменений в акустическом сигнале, прошедшем через исследуемый объект, с учетом частотных зависимостей затухания, фазовой скорости и эффектов дифракции для исследования структуры геоматериалов.

4. Практическая значимость результатов работы

Практическая значимость заключается в разработке методики исследования внутренней структуры и физико-механических свойств геоматериалов на основе широкополосной ультразвуковой спектроскопии с использованием ABCD-матриц, позволяющей повысить достоверность структуроскопических исследований при лабораторном изучении образцов горных пород, что имеет важное значение для развития горной геофизики.

5. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Полученные автором теоретические выводы базируются на решениях классических уравнений распространения упругих волн в неоднородных средах и на результатах многочисленных экспериментах. Используемый автором метод ABCD матриц является апробированным при обработке результатов экспериментов в различных областях волновой физики. Достоверность научных методов обуславливается удовлетворительной сходимостью результатов эксперимента с результатами модельных вычислений.

6. Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что по актуальности, научной новизне и практической ценности диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., ред. от 22.09.2022 г.), также отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС».

7. Публикации и апробация результатов работы.

Основные научные и практические результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международной конференции «XX Conference of PhD Students and Young Scientists» (Польша, 14 – 16 октября 2020 г.); на XXIX международных научных симпозиумах «Неделя Горняка – 2021» (Россия, г. Москва, 26-29 января 2021 г.) и «Неделя Горняка – 2022» (Россия, г. Москва, 1-4 февраля 2022 г.)

Основное содержание работы опубликовано в 4-х научных работах, входящие в базу данных Scopus, в том числе из них 3 – в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России. Также получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

8. Замечания по диссертации

По диссертационной работе есть несколько замечаний:

1. В первой главе, содержащей всего 13 стр. весьма лаконично приведен обзор основных методов определения физико-механических свойств и внутренней структуры образцов без рассмотрения условий их применимости для различных уровней нарушенности горных пород. Подраздел посвященный ультразвуковой стуктроскопии составляет всего 3,5 страницы. Методы моделирования также описаны чрезвычайно скупо, сказано только о недостаточной эффективности метода конечных элементов. Ни подходы к моделированию, ни вопросы эффективных частотных диапазонов, ни тем более положения метода ABCD-матриц автором в первой главе не обсуждаются. Этим вопросам посвящена вторая глава, тем не менее формулировка приведенной задачи исследования приводится в конце первой главы, что и вызывает недоумение, хотя к самой постановке задачи по моделированию претензии отсутствуют.

2. В главе 4 приведены результаты экспериментальных исследований, но отсутствует описание измерительной установки, методики измерений и характеристик использованной при проведении этих экспериментов аппаратуры.

3. Описание алгоритма определения внутренней структуры среды, представленное в разделе 4.1, могло бы содержать больше деталей. Следовало бы отметить какой именно алгоритм минимизации отклонений используется, а также как произведена связь параметров модели и параметров сигнала, который подвержен минимизации отклонений.

4. Составные образцы имеют клеевую прослойку. Однако, информация о физико-механических характеристиках клея (в жидком и твердом состоянии) и технологии нанесения его на поверхность образцов геоматериалов отсутствуют в тексте диссертации. Поэтому достаточно сложно оценить

реалистичность значения скорости звуковых волн в клеевом прослое, которая по представленным данным измерений составляет 1400 м/с, что примерно на 100 м/с меньше скорости распространения звуковых волн в воде.

Приведенные замечания имеют рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

9. Заключение

Представленная работа по своей актуальности, научной и практической значимости, обоснованности и достоверности основных результатов полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. В ней на основе проведенных автором исследований решена актуальная научная задача обоснования и разработки метода исследования структуры геоматериалов, что имеет важное значение для развития горной геофизики.

Соискатель Пашкин Александр Игоревич заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.3 «Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр»

Отзыв подготовили главный научный сотрудник, ФГБУН «Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова» Российской академии наук, гл. научн. сотр., д.т.н., Малинникова Ольга Николаевна и ст. научн. сотр., к.т.н. Блохин Дмитрий Иванович.

Отзыв ведущей организации по диссертационной работе Пашкина Александра Игоревича заслушан и обсужден на совместном научном семинаре профильных отделов ИПКОН РАН, протокол № 2 от «17» мая 2023 года.

Главный научный сотрудник ИПКОН РАН,
докт. техн. наук.



/О.Н. Малинникова /

Старший научный сотрудник ИПКОН РАН,
канд. техн. наук.



/Д.И. Блохин /

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова
Российской академии наук

Адрес: 111020, Москва, Крюковский тупик, д.4