

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертационную работу Ян Цзяньсюнь**  
**«Обратная задача сейсмического зондирования с использованием**  
**поверхностных волн»**  
**представленную на соискание ученой степени кандидата физико-**  
**математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое**  
**моделирование, численные методы и комплексы программ»**

Диссертационная работа посвящена изучению сейсмических поверхностных волн в прямой и обратной задачах сейсмического зондирования. Тщательное исследование бегущих поверхностных волн позволяет разработать и реализовать эффективный непрерывный мониторинг состояния геологической среды на основе измерений, полученных на сейсмических станциях. Наблюдение за состоянием геологической среды особенно необходимо в странах с повышенной сейсмической активностью. Таким, образом, можно утверждать, что направление представленных исследований является весьма актуальным.

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Во введении автор приводит краткую предысторию исследований в данной области и описывает основные понятия и классические методы, используемые при постановке и решении обратной задачи сейсмического зондирования. Далее даётся обзор современного состояния проблемы.

В начале первой главы рассматривается волновое уравнение в изотропной слоистой среде, вводятся основные понятия и определения классической теории упругости. Автор указывает на существование разных типов поверхностных волн и обсуждает их поведение в изотропной и

анизотропной среде. Далее излагается методика решения прямой и обратной задач микросейсмического зондирования слоистых сред.

Вторая глава посвящена прямой задаче расчета характеристик бегущих поверхностных волн Рэлея в слоистых средах. Автор подчёркивает, что при использовании известного метода обобщенного коэффициента отражения-передачи (МОК-О/П) при расчёте дисперсионных характеристик волны Рэлея возникают корни дисперсионного уравнения, не имеющие физического смысла. Это явление затрудняет определение фазовой скорости волны Рэлея. Далее предлагается метод тензора сейсмического импеданса, позволяющий быстро вычислить параметры волны Рэлея для произвольной слоистой среды. Отмечается, метод не только обладает высокой эффективностью, но и не приводит к появлению «нефизических» решений, возникающих в МОК-О/П.

В третьей главе представлены методы обработки сейсмических данных, используемые для выделения поверхностных волн из совокупности измеренных сейсмических данных. Автор анализирует два подхода: низкочастотный фильтр и технику множественных фильтров (ТМФ) с использованием взаимно-корреляционной функции и приходит к обоснованному выводу о преимуществах ТМФ. Установлено, что при обработке реальных сейсмических данных двух станций ТМФ позволяет получать дисперсионные кривые, хорошо согласующиеся с результатами расчётов в рамках глобальной модели земной коры.

Четвертая глава посвящена решению обратной задачи сейсмического зондирования поверхностными волнами. В задаче требуется определить параметры геологической среды по измеренной дисперсионной кривой волны Рэлея. Для решения обратной задачи автор предлагает модифицировать известный генетический алгоритм (ГА) инверсии

сейсмических данных, используя метод регуляризации Тихонова с целью получать более устойчивые решения обратной задачи. Автор детально анализирует влияние каждого параметра предложенного алгоритма на дисперсионные кривые и, практически не снижая эффективности, значительно упрощает численную схему, фиксируя те параметры, к которым дисперсионные кривые нечувствительны. На основе разработанного программного комплекса было проведено исследование геологических сред в районе Куньмин провинция Юйнань Китая (станции КМІ) с использованием данных от 13 удаленных землетрясений. Результаты численного эксперимента показали заметные преимущества модифицированного ГА по сравнению с классическим.

В заключении приводятся основные полученные результаты.

По диссертации следует сделать несколько замечаний:

1. В работе содержатся опечатки, в некоторых случаях использованы неподходящие по смыслу слова;
2. При анализе спектральных характеристик сигналов следовало бы использовать Преобразование Фурье-Габора, чтобы исключить влияние явления “растекания спектра”;
3. Постановка задач не всегда выполнена четко. Как правило, она располагается на нескольких страницах и в разных местах.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5

Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова, а также оформлена, согласно приложениям №5,6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Основные результаты работы опубликованы в журнале, индексируемом в базе Scopus.

Таким образом, соискатель Ян Цзяньсюнь несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук, профессор,  
профессор кафедры вычислительных методов,  
заведующий лабораторией математического моделирования в физике  
факультета вычислительной математики и кибернетики Московского  
государственного университета имени М. В. Ломоносова

Трофимов Вячеслав Анатольевич



Подпись

Дата 22.10.2019

Контактные данные:

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена докторская диссертация:

05.13.16 - Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях.

Адрес работы:

119991, Москва, ленинские горы, д.1, строение 52, факультет ВМК.

Тел: +7 (495) 939-52-55, e-mail: [vatro@cs.msu.ru](mailto:vatro@cs.msu.ru)

Подпись Трофимова Вячеслава Анатольевича удостоверяю:



Подпись удостоверяю  
Ведущий специалист по кадрам

Т.Г. Коваленко