

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор ФГАОУ ВО «Балтийский
федеральный университет имени
Иммануила Канта»

А.А. Федоров

« 04 » 03 2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта» на диссертацию **Азарова Антона Витальевича** на тему «**Моделирование поверхностных волн и многоканальная фильтрация сейсмических данных на основе частотно-временных представлений и проекционных методов**», представленную на соискание степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Актуальность темы исследования.

В диссертации Азарова А.В. решаются задачи подавления волн-помех в данных наземной сейсморазведки на отражённых волнах и данных микросейсмического мониторинга наземными системами наблюдения, где проблема высокого уровня шума является актуальной. В сейсморазведке на отраженных волнах основным источником шума являются поверхностные сейсмические волны, амплитуды которых на приёмнике могут во много раз превышать сигналы отраженных полезных волн. При рассмотрении технологии микросейсмического мониторинга наземными системами наблюдения дополнительно к поверхностным волнам добавляются волны-помехи от различных природных и техногенных источников. В итоге на практике сейсмические данные могут иметь низкое отношение сигнал/шум, что приводит к невозможности получения достоверных результатов их обработки.

В настоящее время не существует универсальных подходов, позволяющих решить проблему шума в сейсмических данных. Доступные методы не способны полностью устранить шум в данных по различным причинам. Например, классические методы, такие как полосовая фильтрация или f-k фильтрация, могут оказаться неэффективными при пересечении спектров полезных сигналов и волн-помех. Если в данных присутствуют

полезные сигналы от источников с различными механизмами излучения, то подходы, основанные на методе главных компонент или на $f-k$ преобразовании, могут быть также неприменимы. Поэтому задача подавления шума в сейсмических данных, как и тема представленной диссертации, остается актуальной.

Общая характеристика работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и содержит 118 страниц машинописного текста, включая 33 рисунка, 4 таблицы, список литературных источников из 122 наименований.

Во введении приведена актуальность исследований, цель диссертационной работы, предмет исследования, объект исследования, решаемые задачи, методы исследования, а также выносимые на защиту научные результаты и их новизна, практическая и теоретическая значимость полученных результатов, описан личный вклад автора диссертации.

В первой главе подробно описана проблема высокого уровня шума в данных наземной сейсморазведки и микросейсмического мониторинга наземными системами наблюдения. Приводится обзор и анализ существующих методов подавления шума в сейсмических данных. На основе сделанного обзора формулируются цель работы и основные задачи для её достижения.

Во второй главе описан метод моделирования поверхностных волн для решения проблемы их подавления в данных наземной сейсморазведки. Приводится модель распространения поверхностных волн в частотно-временной области, метод моделирования поверхностных волн и созданный на его основе алгоритм фильтрации данных наземной сейсморазведки. Излагаются результаты тестирования метода подавления поверхностных волн на синтетических данных.

В третьей главе описан метод фильтрации микросейсмических данных, позволяющий подавлять сигналы от источников, расположенных вне выделенной области геологической среды. Приводятся результаты его тестирования на синтетических и полусинтетических данных.

В четвертой главе описаны два комплекса программ, предназначенных для обработки сейсмических данных, и включающих в себя алгоритмы численной реализации разработанных методов. Приводятся результаты тестирования комплексов на полевых данных микросейсмического мониторинга гидроразрыва пласта и данных наземной сейсморазведки по отраженным волнам.

В заключении приводятся результаты выполненных исследований, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается использованием известных методов моделирования распространения упругих волн, методов решения обратных задач, спектральных преобразований сигналов, метода главных компонент и оптимизационных методов. Для доказательства работоспособности разработанных методов и комплексов программ используется достаточное количество примеров на синтетических и полевых данных.

По теме диссертации у Азарова А.В. имеется 8 работ, опубликованных в рецензируемых профильных научных изданиях, три из которых в журналах входящих в Q1 в области геофизики. Получено два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Имеется множество докладов по теме диссертации на конференциях и научных семинарах.

Научная новизна выносимых на защиту результатов состоит:

1. В методе моделирования поверхностных волн в наземной сейсморазведке. Новым в методе является созданная модель распространения поверхностных волн, а также состав и последовательность выполнения численных операций преобразования данных.

2. В методе многоканальной фильтрации микросейсмических данных, новым является подход проецирования данных на пространство решений уравнений распространения сейсмических волн от точечных источников с произвольным сейсмическим моментом, расположенных в заданной области неоднородной среды.

3. В комплексах программ, предназначенных для обработки сейсмических данных и, включающих в себя алгоритмы численной реализации разработанных методов. Разработанные комплексы имеют государственную регистрацию.

Теоретическая значимость работы состоит в научном обосновании новых подходов к моделированию поверхностных волн в данных наземной сейсморазведки и в методе фильтрации микросейсмических данных.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанные методы, численно реализованные в виде комплексов программ для ЭВМ, обеспечивают возможность применения результатов исследований при обработке реальных данных наземной сейсморазведки на отраженных волнах или для микросейсмического мониторинга геодинамических процессов наземными системами наблюдения.

Замечания по диссертации.

1. В диссертации метод подавления поверхностных волн для данных микросейсмического мониторинга (МСМ) наземными площадными системами наблюдения тестировался только на синтетических примерах. Не вполне ясно, как его применять для МСМ на практике и насколько хорошо он будет работать.
2. В главе 4 при тестировании программного комплекса обработки данных микросейсмического мониторинга, говорится, что в качестве шума использовались записи сейсмического мониторинга гидроразрыва пласта на нефтяном месторождении, которые умножались на различные коэффициенты при суммировании с полезными сигналами. Стоило бы указать, какое при этом отношение сигнал/шум получается в синтетических данных. И второе, какие спектральные характеристики имели данные, которые использовались в качестве шума (насколько спектры полезных сигналов и шума пересекались).
3. На странице 92 в алгоритме локации сейсмических событий пишется, что обращение тензора сейсмического момента происходит для событий с наиболее высоким значением меры когерентности, рассчитанной без учета механизма излучения. В таком случае, часть событий указанным алгоритмом могут не обнаруживаться, если, например, на половину приемников сигналы будут приходить в обратной фазе.

Приведенные выше замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Заключение по диссертации. Диссертация Азарова Антона Витальевича «Моделирование поверхностных волн и многоканальная фильтрация сейсмических данных на основе частотно-временных представлений и проекционных методов», является самостоятельной, законченной научно-квалифицированной работой, в которой содержится решение актуальной задачи подавления шума в данных сейсморазведки на отраженных волнах и микросейсмического мониторинга наземными системами наблюдения.

Диссертация отвечает требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842. Научные результаты, полученные в работе, соответствуют паспорту специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы

