

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата технических наук Егорова Антона Алексеевича
на тему: «**Полноволновая инверсия данных вертикального
сейсмического профилирования для решения задач сейсмического
мониторинга**» по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические
методы поисков полезных ископаемых»

Диссертационная работа посвящена разработке технологии и методологии применения полноволновой инверсии данных вертикального сейсмического профилирования с целью мониторинга месторождений углеводородов на основе наблюдения изменения коллекторских свойств пласта в процессе добычи.

Диссертация содержит введение, пять глав, заключение, список сокращений и список литературы, состоит из 113 страниц текста и 56 иллюстраций.

Актуальность проблемы проистекает из нескольких причин.

Во-первых, задача оптимизации добычи нефти и газа с целью сокращения затрат на бурение является одной из основных задач при эксплуатации месторождений углеводородов.

Во-вторых, технология сейсмического мониторинга резервуара на основе наблюдения изменения коллекторских свойств пласта в процессе добычи с построением изображений временного изменения сейсмического поля является очень перспективной процедурой, так как позволяет определять зоны изменения физических свойств эксплуатируемого пласта и

эффективно корректировать схему расположения эксплуатационных скважин.

В-третьих, получение количественных оценок изменения коллекторских свойств пласта в процессе эксплуатации, на основе различных технологий, позволяет полнее учесть изменения и более точно располагать новые скважины.

Поэтому актуальность избранной диссертантом темы в виде решения задачи получения количественных оценок изменения коллекторских свойств резервуара, на основе применения полноволновой инверсии данных вертикального сейсмического профилирования, не вызывает сомнений.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

В диссертации выносятся следующие защищаемые положения

1. Полноволновая инверсия данных метода ВСП позволяет производить оценку изменений в среде, связанных с закачкой углекислого газа в пласт.
2. Применение специализированных методик инверсии – функционала двойной разности и условной оптимизации – позволяет получить более достоверные результаты оценки изменений в среде.
3. Данные ВСП, полученные с помощью распределённой акустической системы, могут быть преобразованы в записи скорости смещения, за исключением волн, которые имеют малые значения волнового числа по направлению оптоволоконного кабеля. Данные, преобразованные подобным образом, могут применяться для полноволновой инверсии.

Для обоснования защищаемых положений автор в первой главе приводит краткий обзор по теории и практике применения метода ВСП для решения различных задач включая описание возможности решения задач

мониторинга. Здесь автор описал особенности методики ВСП, регистрируемые волны и применяемое оборудование. Автор привел описание основных методов анализа данных ВСП, включая построение сейсмических изображений и получения количественных оценок параметров изучаемой среды. В этой главе автор также приводит краткий обзор теоретических основ метода полноволновой инверсии и особенности его применения для решения обратных задач сейсморазведки.

Обоснование защищаемых положений автор продолжает во второй главе, где он детально описывает возможности полноволновой инверсии данных ВСП применительно к задаче мониторинга. Здесь автор анализирует основные факторы, влияющие на точность решения обратных задач сейсморазведки. Основная проблема при решении таких задач это отсутствие низких частот в наблюдениях, что требует наличие начальной априорной низкочастотной модели. Также приводится описание различных способов параметризации задачи полноволновой инверсии. Описана последовательная стратегия построения модели изменений свойств с применением «опорной» и «контрольной» инверсий на основе минимизации «функционала двойной разности». Также рассмотрены другие стратегии. В частности, стратегия использования априорных ограничений для модели, что особенно может быть очень полезно, по мнению автора, при решении задач мониторинга закачки CO₂ в пласт. Автор убедительно доказал это на модельном примере закачки CO₂ в пласт с мощностью 30 м. Результаты полноволновой инверсии для данной модели убедительно показывают эффективность принятой методики и стратегии использования априорных данных.

Также автор приводит методические рекомендации к предобработке полевых данных с целью их подготовки к инверсионным процедурам. Здесь рассмотрены все основные этапы и процедуры обработки и контроля качества. Приводится методика построения начальной инверсионной модели

с использованием данных ГИС и контроля качества на основе моделирования сейсмограмм ВСП.

В третьей главе автор продолжает обоснование защищаемых положений и описывает практическое применение алгоритма двумерной полноволновой инверсии с применением программного пакета упругой полноволновой инверсии во временной области с открытым кодом IFOS2D к полевым и модельным записям многокомпонентного НВСП. Для отработки методики инверсии автор использует элементы 3D модели объекта Otway. Автор использовал данную модель с имитацией ее локального изменения, вызванного закачкой CO₂. Показанные результаты работы алгоритма полноволновой инверсии на модельных данных убедительно показывают эффективность предлагаемой методики. Далее автор приводит результаты применения полноволновой инверсии к полевым данным НВСП, полученным на объекте Otway в штате Виктория (Австралия). Здесь показана важность правильной предобработки полевых данных и построения начальной модели. Сравнение результата полноволновой инверсии данных ВСП с результатами традиционной инверсии данных трёхмерной наземной сейсморазведки убедительно показывает возможность оценки количественных изменений параметров пласта после закачки CO₂. Также приведены модельные построения для инверсии НВСП с множеством удалений. Здесь показано, что результаты опорной инверсии модельных данных НВСП с множеством удалений достаточно хорошо совпадают с исходной моделью, а результат инверсии контрольного набора данных НВСП с множеством удалений практически не отличается от результата инверсии контрольного набора данных НВСП с одним удалением.

В четвертой главе автор показал возможности полноволновой инверсии для данных ВСП, полученных с помощью распределенных акустических систем. Здесь описана технология получения данных поля смещения на основе деформации оптоволоконного кабеля, который

постоянно находится в затрубном пространстве скважины и выполняет роль постоянных сейсмоприемников. Автор рассмотрел возможность использования этих данных для мониторинга. Показана теория и методика преобразования данных измерений в оптоволоконном кабеле в поле вертикальных смещений. Показаны основные проблемы получения таких данных и необходимость применения специальных методов фильтрации данных. Для отработки методики инверсии автор использовал предварительное моделирование. Применение разработанной методики полноволновой инверсии к полевым данным показало ее достаточную эффективность. Автор предлагает продолжить данные исследования и применить некоторые изменения методики измерений.

В целом я считаю, что все **защищаемые положения** достаточно глубоко обоснованы в тексте диссертации и не вызывают сомнений.

Считаю, что **научная новизна** данной работы заключается в следующем: Разработана методология применения процедуры полноволновой инверсии для практического мониторинга изменений свойств пласта в процессе закачки CO_2 . Разработаны специализированные процедуры предобработки данных вертикального сейсмического профилирования с целью более устойчивого решения обратной задачи на основе полноволновой инверсии. Разработанные технология и методология впервые успешно применены к полевым данным, полученным с помощью распределённой акустической системы.

Диссертационную работу отличает высокий научно-технический уровень. Основные положения ее достаточно полно отражены в опубликованных автором работах. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Полученные автором результаты достоверны, выводы, заключения и рекомендации обоснованы.

Как замечание к выбору стратегии использования априорных данных могу обратить внимание автора на возможности регуляризации Тихонова, которая очень широко применяется для решения плохо обусловленных обратных задач в разных областях. Регуляризация Тихонова заключается в применении дополнительного элемента, отвечающего за близость модели к априорным значениям, к минимизируемому функционалу.

В целом можно **сделать замечание** к тексту диссертации в плане слабой привязки ее структуры к структуре защищаемых положений. Это затрудняет чтение текста и привязку его элементов к защищаемым положениям.

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 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» (по техническим 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.

Таким образом, соискатель Егоров Антон Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор кафедры разведочной геофизики Федерального государственного автономного образовательного учреждения

высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»

ПРИЕЗЖЕВ Иван Иванович

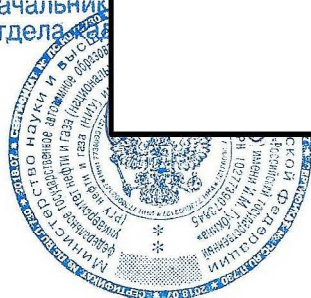


25 апреля 2019 г.

Контактные данные:

Подпись И.И. Приезжева удостоверяю:

начальник
отдела



Ширяев