

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУН «Институт
вычислительной математики и
математической геофизики Сибирского
отделения Российской академии наук»
(ИВМиМГ СО РАН), профессор РАН,
доктор физико-математических наук

Марченко М.А.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского
отделения Российской академии наук»
на диссертацию Трубачевой Ольги Сергеевны на тему: «Разработка методов решения
обратных задач вызванной поляризации на основе конечноэлементных аппроксимаций»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ

1. Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Трубачевой О.С. посвящена актуальной проблеме создания методов и технологий многомерной нелинейной геометрической инверсии данных вызванной поляризации.

Решение обратных задач почти всегда очень вычислительно затратно. Особенно трудоемкими являются трехмерные инверсии. Поэтому на практике применяют более простые подходы, основанные на двумерных, а часто и одномерных моделях сред. Однако такие подходы могут давать слишком грубые модели среды и не позволять выявлять поисковые объекты в реальных неоднородных средах. Гораздо большими потенциальными возможностями обладают 3D-инверсии, но для их применения на практике нужны вычислительно приемлемые подходы и работоспособные программные комплексы. В связи с этим практическая направленность и актуальность проведенных автором исследований и их практическая направленность не вызывает сомнений.

2. Структура и содержание работы

Работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы (148 наименований) и двух приложений. Общий объем диссертации – 156 страниц.

Во введении проведен достаточно полный обзор современного состояния решаемой проблемы, обоснована актуальность темы, указаны цель и задачи исследования, описаны методы исследования, представлены основные научные результаты, их новизна и практическая значимость.

В первой главе диссертационной работы представлен математический аппарат, используемый для моделирования поля вызванной поляризации (ВП) в трехмерной в трехмерной среде. Математическая модель, описывающая исследуемые процессы, основана на задании ЭДС ВП. Поляризуемое поле вычисляется с использованием модели, основанной на выделении поля источника. Поля моделируемых слоев и объектов вычисляются путем решения соответствующих краевых задач. Приводятся соответствующие вариационные постановки и рассмотрено построение дискретных аналогов на базе узлового МКЭ.

Вторая глава посвящена алгоритмам инверсии данных вызванной поляризации. Трубачевой О.С. приведены два способа инверсии: способ, основанный на поиске поляризуемости в ячеистой структуре, и разработанный автором способ многомерной геометрической инверсии. Инверсия, основанная на использовании ячеистой структуры, линейна, восстанавливаемыми параметрами являются значения поляризуемости в ячейках заранее выбранного разбиения. При геометрической инверсии параметрами являются значения поляризуемости в подобластях исследуемой области и положение границ подобластей в пространстве. Автор приводит вычислительную схему для расчета полей влияния параметров геоэлектрической модели, а также схему регуляризации, позволяющую ограничивать величину поляризуемости в рамках допустимых значений и контролировать положение границ подобластей.

В третьей главе приведены результаты верификации разработанных программ решения прямых и обратных задач вызванной поляризации. Верификация решения прямой задачи выполнена путем сравнения с результатами других авторов. В работе приведены результаты сравнения с программой Mars1D, в качестве тестовой модели была использована горизонтально-слоистая среда, отражающая геоэлектрические условия северного Прикаспия.

Верификация обратной задачи выполнена с использованием синтетических аналогов практических данных. Приведены результаты инверсий для геоэлектрических моделей, содержащих несколько поляризующихся объектов, находящихся в одном или нескольких слоях вмещающей среды. Рассмотрены ситуации, когда при моделировании и инверсии используются различные конечноэлементные сетки.

В четвертой главе представлены результаты сравнения работы алгоритма инверсии, основанного на поиске поляризуемости в ячеистой структуре, и алгоритма геометрической инверсии. Подтверждены преимущества алгоритма геометрической инверсии.

Исследовано влияние зашумления исходных данных на результаты геометрической инверсии. Показано, что даже достаточно большое зашумление входных данных, позволяет успешно применять разработанный алгоритм геометрической инверсии для восстановления распределения поляризуемости в исследуемой среде.

Приведены примеры работы алгоритма геометрической инверсии данных вызванной поляризации в условиях, когда проводимость исследуемой среды задана с погрешностью, характерной для реальных ситуаций.

Проведена серия вычислительных экспериментов для определения стратегии обработки данных вызванной поляризации, снятых с одиночных профилей.

В пятой главе представлена общая схема разработанного программного комплекса. Описаны вычислительные схемы решения прямой и обратной задач вызванной поляризации. Приведены основные структуры данных и описаны взаимосвязи между основными модулями программного комплекса. Программный комплекс снабжен

графическим интерфейсом, что позволяет в удобном формате задавать исходные данные и визуализировать результаты.

Подтверждена возможность применения разработанного программного комплекса для решения практических задач: проведена инверсия данных вызванной поляризации, синтезированных для геоэлектрической модели, характерной для условий северного Прикаспия. Приведены промежуточные и конечные результаты инверсии, позволяющие проанализировать процесс инверсии.

В заключении приводятся основные результаты работы.

Результаты диссертационной работы были представлены на многих международных и российских научно-практических конференциях и достаточно полно отражены в публикациях автора. Таким образом, апробация результатов исследований, представленных в диссертации, проведена в достаточной мере. По теме диссертации опубликовано 18 работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией, 6 статей в изданиях, индексируемых в международных информационно-аналитических системах научного цитирования Web of Science и/или Scopus. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

3. Обоснованность и достоверность результатов, выводов и заключений

Обоснованность и достоверность результатов работы подтверждаются приведенной верификацией прямых и обратных задач вызванной поляризации, а также большим количеством выполненных вычислительных экспериментов.

Верификация прямых задач выполнялась путем сравнения с результатами работы программ других авторов, отличия в сигналах составили 1-2%. Верификация обратных задач проводилась с использованием данных, синтезированных для довольно сложных трехмерных геологических сред. Для примеров, в которых при решении прямых и обратных задач использовалась одна и та же расчетная сетка, погрешность восстановления параметров среды составила доли процента. В том случае, когда «практические» данные моделировались на более подробной сетке, погрешность восстановления параметров не превысила 2%. Для примера, в котором в расчетной сетке, используемой при инверсии, нет узлов, точно попадающих на границу одного из искомым объектов, погрешность составила около 4%.

4. Научная новизна

1) Предложен новый подход к выполнению трехмерной инверсии данных вызванной поляризации, включающий оригинальный способ параметризации геоэлектрической модели в зависимости от системы наблюдений и адаптивную регуляризацию.

2) Предложен способ вычисления функций чувствительности, используемых при выполнении многомерной нелинейной геометрической инверсии, разработана соответствующая вычислительная схема.

3) Разработан программный комплекс, предоставляющий новые возможности решения актуальных задач вызванной поляризации в сложных средах.

5. Практическая значимость работы

Результаты диссертации имеют важное практическое значение, поскольку они открывают новые возможности для решения задач вызванной поляризации в сложных средах и способны повысить качество интерпретации геофизических данных.

Разработанные Трубачевой О.С. программные средства являются довольно ценным инструментом и могут быть использованы для решения практических задач вызванной поляризации.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Полученные в диссертационной работе результаты представляют большой практический интерес и уже применяются при обработке геофизических данных, что подтверждается приведенным актом внедрения. Рекомендуется их дальнейшее применение для решения практических задач.

7. Замечания по диссертации

1) В работе упоминается, что возможно использование несогласованных сеток. Очевидно, что переход к таким сеткам позволяет уменьшить размер СЛАУ, но автор не уточняет, в каких ситуациях применяются регулярные сетки, а в каких несогласованные и насколько выгоден переход к несогласованным сеткам.

2) В п. 4.1 упоминается о процедуре сглаживания для «ячеистой» инверсии, но не приводится описание реализации этой процедуры.

3) В работе нет информации о вычислительных затратах на проведение инверсии, в частности, при решении получаемых после аппроксимации системах линейных алгебраических уравнений. Хотелось бы видеть информацию о том, на каких вычислительных мощностях проводились вычисления и каковы вычислительные затраты. Применялось ли в процессе проведения инверсии распараллеливание?

8. Заключение

Диссертационная работа Трубачевой О.С. «Разработка методов решения обратных задач вызванной поляризации на основе конечноэлементных аппроксимаций» в целом представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвященную решению актуальной научной и практической проблемы. Разработанные автором подходы и полученные научные результаты имеют существенное значение для решения важных практических задач. Выводы автора достаточно обоснованы и подтверждены многочисленными вычислительными экспериментами с достаточно подробным описанием.

Работа соответствует требованиям положения «О порядке присуждения ученых степеней» и специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, поскольку в работе присутствуют результаты по всем трем составляющим специальности:

1) Математическое моделирование:

– разработана математическая модель для расчета функций чувствительности при выполнении многомерной нелинейной геометрической инверсии данных вызванной поляризации.

2) Численные методы:

– разработана вычислительная схема расчета полей влияния параметров геоэлектрической модели для многомерной нелинейной геометрической инверсии данных вызванной поляризации.

3) Комплексы программ:

– разработаны программные модули моделирования поля вызванной поляризации в трехмерной среде;

– разработан программный комплекс, реализующий многомерную нелинейную геометрическую инверсию данных вызванной поляризации.

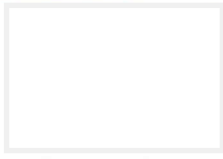
Диссертационная работа Трубачевой О.С. соответствует следующим областям исследований паспорта специальности:

- 1) «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений»
- 3) «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий»
- 4) «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента»
- 8) «Разработка систем компьютерного и имитационного моделирования».

Автор диссертации, Трубачева Ольга Сергеевна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

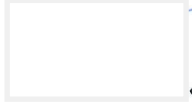
Диссертационная работа О.С.Трубачевой обсуждена и одобрена на объединенном семинаре ИВМиМГ СО РАН и кафедры вычислительной математики ММФ НГУ.

Отзыв подготовил г.н.с. лаборатории вычислительной физики ИВМиМГ СО РАН, д.ф.-м.н. по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» В.М. Свешников



Свешников Виктор Митрофанович

Подпись Свешникова Виктора Митрофановича заверяю. Ученый секретарь ИВМиМГ СО РАН, к.ф.-м.н. Л.В. Вшивкова



«10» декабря 2020 г.

*Отзыв получен
в совет 11.12.2020.*

*С отзывом ознакомлена
11.12.2020 Трубачева О.С.*