

## ОТЗЫВ

официального оппонента – кандидата технических наук А.А. Белой на диссертацию Трубачевой О.С. «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».

Представленная работа посвящена **актуальной** проблеме разработки высокоразрешающего метода трехмерной инверсии данных вызванной поляризации (ВП) для сложных геоэлектрических сред и созданию на его основе программного обеспечения, которое способно повысить эффективность решения практических задач.

Работа написана понятным грамотным языком, хорошо структурирована. Состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы (148 наименований) и двух приложений. В работе приведено описание математической модели для решения прямой задачи ВП, описаны метод решения обратной задачи с использованием ячеистой структуры и разработанный автором метод трехмерной геометрической инверсии данных ВП. Основное отличие «ячеистой» инверсии от геометрической заключается в том, что в первом случае область исследования разбивается на маленькие ячейки, в каждой из которых восстанавливается значение поляризуемости, а во втором случае поляризуемость ищется в довольно крупных подобластях и параметрами инверсии являются не только значения поляризуемости, но и геометрические характеристики подобластей. Моделирование поляризующего поля и поля ВП предлагается выполнять с помощью метода конечных элементов. При этом, для расчета поляризующего поля используется технология выделения поля, позволяющая существенно повысить вычислительную эффективность.

Предложенный автором метод трехмерной геометрической инверсии подразумевает параметризацию, которая зависит от системы наблюдений. Геометрическая инверсия является нелинейной, это итерационный процесс, на каждой итерации инверсии выполняется адаптивная регуляризация, которая позволяет получать корректные значения поляризуемости и не допускает пересечения границ подобластей с разными параметрами поляризуемости.

В работе приведено достаточное количество вычислительных экспериментов, входные данные для них синтезированы с использованием довольно сложных трехмерных моделей. Приведено сравнение «ячеистой» и геометрической инверсий, подтверждено преимущество разработанного метода геометрической инверсии. Приведены результаты работы для зашумленных данных и для важных для практики ситуаций, в которых во входном сигнале присутствует «ошибка» из-за того, что проводимость объектов исследуемой среды восстановлена не совсем точно.

Представлена структура и описание программного комплекса, реализующего решение прямой задачи и трехмерной геометрической инверсии данных ВП. Подтверждена возможность применения разработанного программного комплекса для решения практических задач. Для примера, в котором данные ВП синтезировались для сложной геоэлектрической модели, характерной для условий северного Прикаспия, с помощью разработанного программного комплекса удалось определить положение искомого объекта даже при наличии объектов-помех, вклад от которых в измеряемый сигнал сравним с вкладом от целевого объекта.

**Обоснованность и достоверность** результатов, полученных автором, подтверждается в первую очередь верификацией решения прямых задач, лежащих в основе всех исследований и численных экспериментов, приведенных в работе. Верификация решения прямой задачи проводилась путем сравнения с результатами работы программы Mars1D (Пестерев И.Ю.) на примере геоэлектрической модели, характерной для нефтяных месторождений северного Прикаспия. Отличия в сигналах составили 1-2%.

Корректность разработанного метода геометрической инверсии данных ВП подтверждается продемонстрированными результатами его работы для смоделированных сигналов, когда истинные модели известны. Разработанный автором программный комплекс позволил корректно восстановить положение искомым объектов по данным ВП, полученным для сложных моделей, в которых целевой объект перекрыт 3D неоднородностями в верхних слоях.

**Научная новизна** диссертации определяется новыми подходами к выполнению трехмерной геометрической инверсии данных ВП и используемом в инверсии способе расчета функций чувствительности параметров геоэлектрической модели. На основе выполненных в рамках диссертационной работы исследований автором создано программное обеспечение, способное решать новые задачи обработки данных ВП.

Полученные в работе результаты представляют как научный, так и большой **практический интерес** для обработки данных ВП, поскольку разработанные в диссертации средства существенно расширяют возможности обработки данных, обладая при этом высокой вычислительной эффективностью. Это также подтверждается тем, что результаты работы уже используются для решения практических задач.

Результаты работы **опубликованы** в 18 печатных работах. Из них три в изданиях, рекомендуемых ВАК, и шесть в изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus. Получено 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ. Содержание автореферата полностью соответствует диссертационной работе.

По изложенному в диссертации материалу можно сделать следующие **замечания**:

1. В первом примере п. 5.2 первый этап 3D-обработки выполнялся для сигнала в диапазоне от 10 мс до 2 с, а второй этап для сигнала в диапазоне от 450 мс до 2 с, при этом автор не указывает, с чем связан этот переход. Хотелось бы увидеть комментарии и рекомендации по выбору временного диапазона.

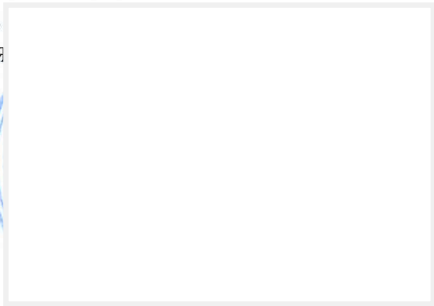
2. В п. 5.2 рассмотрена задача восстановления достаточно сложной трехмерной среды. Для этой задачи представлены количество итераций и изменение функционала невязки, но не приведены вычислительные затраты. Рассмотренная задача вполне соответствует большинству реальных практических задач, и поэтому для нее хотелось бы видеть вычислительные затраты.

3. В модели, основанной на задании ЭДС ВП, поле вызванной поляризации зависит от таких электрофизических характеристик как проводимость и поляризуемость среды, характер спада сигнала определяется функцией спада. В работе говорится, каким образом восстанавливается структура проводимости, поляризуемость восстанавливается с помощью разработанного алгоритма, но нет информации о том, каким образом осуществляется выбор функции спада и ее параметров.

Указанные замечания несколько не умаляют основных достоинств работы и не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку работы. Представленная диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой,

выполненной в соответствии с требованиями Положения о присуждении ученых степеней, и полностью соответствует специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Автор работы, Трубачева Ольга Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент, к.т.н., заведующая лабораторией математического моделирования ЗАО «Аэрогеофизическая разведка», 630091, г. Новосибирск, Октябрьская  
Телефон: (383) 347-47-97  
E-mail: info@aerosurveys.ru

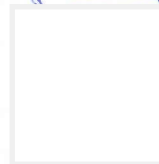


Белая А.А.

«08» 12 2020 г.

Белая А.А.

и. о. секретаря



Смирнова Н.С.

Отзыв поступил  
6 совет 11.12.2020.

Отзывом ознакомлена  
11.12.2020 Трубачева О.С.