

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата технических наук Мойланена Евгения Викторовича
на тему: «Методы и алгоритмы обработки измерений и
интерпретации данных в комбинированных аэроэлектроразведочных
системах» по специальности 1.6.9. Геофизика

Диссертация Е.В. Мойланена состоит из 4 глав, Введения, Заключения и одного приложения. Работа выполнена на актуальную тему интерпретации данных измерений комбинированных аэроэлектроразведочных систем. Электроразведка является одним из наиболее перспективных геофизических методов исследования внутреннего строения Земли, и именно по этой причине весьма целесообразной представляется разработка новой методики извлечения полезной информации из большого массива данных.

В первой главе диссертант подробно описывает существующие аэроэлектроразведочные системы, работающие во временной и частотной областях, а также комбинированные системы. Е.В. Мойланен предложил новую классификацию комбинированных аэроэлектроразведочных систем. По первой главе у меня имеется небольшое замечание: были бы уместны сравнительные характеристики систем различных типов (объекты какого размера и на какой глубине можно идентифицировать с помощью той или иной аппаратуры). Можно было бы также привести относительные погрешности при восстановлении геологических структур.

Вторая глава посвящена методам первичной обработки данных измерений с помощью комбинированной аэроэлектроразведочной системы. Фраза «Таким образом, далее можно рассматривать отдельные гармоники с частотой ω , начальной фазой φ и дипольным моментом M , опуская индекс», как мне представляется, нуждается в пояснении. Если речь идет о нескольких компонентах квазистационарного сигнала, то необходимо указать, каким именно образом интерпретируются результаты измерений суммарного поля: для эффективного разделения полей (т.е. составляющих сигнала) требуется надежный алгоритм.

Считаю, что в работе следовало бы привести более подробное обоснование идеи о том, что наведенное поле может трактоваться как поле точечного диполя: нужны хотя бы приблизительные оценки погрешности результатов первичной интерпретации данных.

Также необходимо указать, с какой точностью поле отклика пересчитывается во временную и частотную область. Если число гармоник K велико, то при вычислении сумм (2.21), (2.22) нужно применять регуляризирующий алгоритм (поскольку речь идет о приближенном суммировании рядов Фурье).

В третьей главе диссертант приводит описание алгоритмов решения обратных задач на основе данных комбинированных аэроэлектроразведочных систем. Мне хотелось бы особо отметить разнообразие подходов, применяемых Е.В. Мойланеном при решении обратных задач электроразведки: это и классические, «детерминистские», подходы, основанные на построении регуляризирующего функционала А.Н. Тихонова, и стохастический подход, а также использование фильтра Калмана в задачах с минимальной априорной информацией об источниках поля и, тем самым, геологическом строении среды.

При изучении третьей главы диссертации возникает вопрос: почему автор рассматривает исключительно одномерную инверсию? Уже достаточно давно (более 30 лет) геофизиками решаются обратные задачи в трехмерных, наиболее адекватных реальной практике исследований, постановках. Безусловно, необходимо учесть условия проведения электроразведочных работ: данные поступают, в подавляющем большинстве, профильные. Площадная, а тем более - гипотетическая трехмерная съемка весьма затратна. Автор частично отвечает на вопрос об одномерной инверсии следующим образом: «Учитывая некорректность обратной задачи и большой объем данных аэрогеофизической съемки — десятки и сотни тысяч точек измерения, — построение трехмерной модели распределения удельных электрических сопротивлений непосредственно из данных аэросъемки представляется задачей чрезвычайно трудоемкой». Мне кажется, что модельную обратную трехмерную задачу электроразведки можно было бы сформулировать, подчеркнув при этом сложность ее решения. В принципе, для интерпретации данных в трехмерной постановке достаточно применения локального варианта

метода интегральных представлений В.Н. Страхова или метода интегральных уравнений: все определяется мощностью вычислительных систем и размерностью задачи. Даже в случае десятков тысяч измерений матрица системы линейных алгебраических уравнений, к решению которой редуцируется обратная трехмерная задача электроразведки, помещается в оперативной памяти стандартного ноутбука.

Новые методы решения задач одномерной инверсии, предлагаемые Е.В. Мойланеном, мне представляются эффективными, научно обоснованными, и они могли бы успешно применяться геофизиками при интерпретации данных гравимагниторазведки. Настоящей «находкой» можно считать использование калмановского фильтра в задачах с минимумом априорной информации.

В формулах (3.16) - (3.20) было бы целесообразно привести примерные значения числа временных каналов, количества рассматриваемых гармоник и другие параметры. Также был бы уместен более подробный комментарий к рис. 3.1 – на котором изображено сравнение результата решения обратной задачи и вычислений кажущегося сопротивления среды по палеткам.

На рис. 3.4 необходимо указать единицы измерений невязки.

Рис. 3.5 нуждается в детальном пояснении (оно было бы весьма полезно для геофизиков-практиков), поскольку на этом рисунке, фактически, демонстрируются результаты всех типов одномерной инверсии для четырехслойной среды.

В четвертой главе автор переходит к интерпретации практических данных комбинированной системы ЭКВАТОР. Мне представляется оправданным с научной точки зрения предварительное районирование по кажущимся сопротивлениям, поскольку подобный процесс сильно упрощает постановку и решение обратных задач. Также необходимым условием успеха при решении задач интерпретационного характера является локализация рудных тел, о чем пишет Е.В. Мойланен. Трехмерный геоэлектрический разрез строится по результатам решения одномерных обратных задач. С математической точки зрения, такая процедура представляет из себя некорректно поставленную задачу, поскольку необходимо согласование данных в областях пересечения профилей – источников информации.

Е.В. Мойланен успешно справился с этой чрезвычайно сложной проблемой с помощью применения стохастического подхода и комбинированной инверсии (во временной и частотной областях). Благодаря оригинальным алгоритмам инверсии, созданным диссертантом осуществлялся поиск золоторудных месторождений на Камчатке; поиск кимберлитов в условиях Ангольского щита; поиск кимберлитов на зимнем берегу Белого моря; поиск грунтовых вод в условиях многолетнемерзлых пород Якутии; был также выполнен анализ гидрогеологии в присутствии соленой морской воды в Хорватии. Е.В. Мойланен описал различные варианты применения предложенных алгоритмов обработки данных в предположении модели однородной или горизонтально слоистой среды.

Разработанные Е.В. Мойланеном алгоритмы и компьютерные технологии могут, на мой взгляд, с успехом применяться при нахождении приближенных решений обратных задач не только в электроразведке, но и в других областях геофизики.

В целом, работа Мойланена Е.В. является важным научным исследованием, новизна полученных диссертантом результатов сомнений не вызывает. Все применяемые автором методы и подходы можно считать научно обоснованными. Практическая значимость диссертации становится очевидной при прочтении четвертой главы, в которой автор приводит примеры апробации своей методики на реальных аэроэлектроразведочных данных, полученных с помощью комбинированной системы ЭКВАТОР. Автореферат согласуется с текстом диссертации. Результаты, изложенные в диссертации, являются оригинальными и могут применяться как в электроразведке, так и в других областях науки.

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 специальности 1.6.9. Геофизика (технические науки), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено, согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой

степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Мойланен Евгений Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9. Геофизика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор РАН, главный научный сотрудник лаборатории № 102: «Происхождение и внутреннее строение Земли и планет» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта Российской академии наук

СТЕПАНОВА Инна Эдуардовна

(подпись)

27.10.2025

Контактные данные:

тел.: +7 (499) 254-51-52, e-mail: tat@ifz.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 25.00.10. Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

Адрес места работы: 123242, г. Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1.

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН, лаборатория № 102

Тел.: +7 (499) 254-51-52; e-mail: tat@ifz.ru