

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию на соискание учёной степени

кандидата технических наук

Епишкина Дмитрия Викторовича

на тему: **«Развитие методов обработки данных синхронных
магнитотеллурических зондирований»**

по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков
полезных ископаемых»

Рецензируемая диссертационная работа содержит 133 страницы текста, в том числе 96 наименований литературы на 5 страницах, и 90 рисунков.

Работа состоит из введения, пяти глав и заключения.

Во введении формулируются цели и задачи диссертационной работы, актуальность избранной темы, степень разработанности проблемы, научная новизна и практическая значимость исследований, степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Метод магнитотеллурического зондирования (МТЗ), предложенный А.Н. Тихоновым в 1950 г. и Л. Каньяром в 1953 г., усовершенствованный и продвинутый трудами многих последователей, нашёл широкое применение как в разведочной геофизике, так и в глубинных исследованиях внутреннего строения Земли. Как справедливо отмечает диссертант, ценность метода и, соответственно, актуальность исследований, направленных на его развитие, определяется тем, что он даёт информацию об электропроводности пород, слагающих землю, которую не дают остальные методы геофизики. При этом он экологически чистый, а источник поля бесплатный – это вариации естественного электромагнитного поля Земли внешнего происхождения.

Хотя с момента публикации первых статей по магнитотеллурике прошло уже почти 70 лет, опубликованы сотни статей, в том числе многие

десятки по теории и методике обработки материалов полевых измерений, тема обработки полевых данных по-прежнему актуальна. Исследования в данном направлении стимулируются постоянным совершенствованием измерительной аппаратуры и, соответственно, повышением точности измерений, появлением новых робастных методов обработки данных и оценивания передаточных функций. Именно в этом актуальном направлении выполнена работа диссертанта.

Новизна исследований не вызывает никаких сомнений: разработаны новые подходы и приёмы обработки, создан мощный комплекс программ анализа и обработки данных, учитывающих свойства регистрируемых МТ-полей и расширяющих возможности современных МТЗ, в том числе их точность. На ряде модельных и практических примерах продемонстрированы возможности комплекса и даны рекомендации по его применению.

Глава 1 диссертации посвящена обзору существующих методов и технологий обработки МТ-данных. Несмотря на то, что в настоящее время существуют десятки методов и модификаций программ обработки полевых данных, обзреть которые нелегко, автор диссертации вполне успешно справился с этой задачей. Из всего множества методов он проанализировал и отобрал фундаментальные, определяющие основные направления и подходы к оцениванию передаточных функций, их достоинства и недостатки. Особое внимание было уделено робастным М-оценкам, методам измерений с удалённой базой и оценкам передаточных функций с отбраковкой зашумлённых данных на основе величины когерентности полей в базовой и полевых пунктах. Творческий анализ существующих методов и технологий обработки данных позволил диссертанту отобрать наиболее перспективные подходы и построить свой алгоритм обработки, включающий как лучшие существующие, так и разработанные им самим.

Изложению и иллюстрации предлагаемого автором алгоритма обработки МТ-данных посвящена **вторая глава диссертации**.

Как уже отмечалось выше, к существующим приёмам обработки, таким как редакция исходных данных с удалением явных импульсных помех, интерполяция, децимация, спектральный анализ магнитных и теллурических полей с преобразованием Фурье в скользящих окнах различной длины, применение линейной регрессии и робастных статистик для определения передаточных функций и другим, диссертант предлагает новые перекрёстные М-оценки. М-оценки находятся из одновременной параллельной оценки импедансов и адмитансов, что в ряде случаев позволяет уменьшить смещение определяемых передаточных функций.

Ещё одной новинкой автора является метод обработки с удалённой базой с опорой на электрическое поле. Обычно такой способ не используется из-за значительно больших шумов в электрическом поле по сравнению с магнитными полями. Однако диссертанту удалось разработать приём, позволяющий подавить локальные шумы в электрических каналах путём подавления некоррелированных составляющих поля в базовой и полевой точках. Такой метод подавления помех может оказаться особенно полезным при морских МТ-зондированиях, когда электрическое и магнитное поля «меняются местами» и шумы перемещаются в магнитные поля.

На основе известных алгоритмов, усовершенствованных и дополненных новыми алгоритмами, автором создан программный комплекс *EPI-KIT* с системой утилит, обеспечивающих доступ к различным вариантам обработки данных и облегчающих работу с данными МТЗ. Пожалуй, на сегодня это один из наиболее продвинутых и мощных инструментов, предоставляющий самые разнообразные возможности для анализа данных, их обработки, и определения передаточных функций.

Результаты **тестирования созданного пакета программ** приводятся в **третьей главе** диссертационной работы.

Тестирование произведено на экспериментальных данных хорошего качества. К измеренным магнитным полям, и к пересчитанным в электрические через измеренные импедансы, добавлены шумы и затем по этим квази-синтетическим МТ-полям с помощью *EPI-KIT* пакета программ вычислены передаточные функции. По результатам тестирования были выработаны рекомендации по оптимальной схеме обработки данных для различных ситуаций в присутствии шумов в тех или иных каналах.

Следует отметить, что выбранная для тестирования модель не является оптимальной. Она позволяет исследовать возможности программного пакета *EPI-KIT* и идей, положенных в его основу. При этом предполагается, что источниками шумов являются шумы сторонних источников не коррелирующие с полезными сигналами и между собой. Но это идеализированная модель, не учитывающая некоторых свойств реальной ситуации. В частности, в отличие от магнитотеллурической модели Тихонова-Каньяра, падающее на землю поле - не плоская волна, это нестационарный случайный процесс, а земля не плоская и не горизонтально-однородная. Выбранная синтетическая модель с заданием экспериментально измеренного поля и определённых импедансов и искусственно зашумлёнными полями не учитывает свойств реального поля и реального 3D разреза. При такой модели трудно определить природу отдельных выбросов в определении передаточных функций, показанных на рис. 4.6 диссертации и в последующих разделах на примерах обработки программным пакетом *EPI-KIT* реальных МТ-данных. Величина отскоков значительно превышает доверительный интервал, и это не укладывается в рассматриваемую диссертантом модель.

Большой интерес представляет выполненный в **четвёртой главе** анализ допустимых удалений базовых станций, поля которых можно использовать для обработки полевых измерений с базовой станцией. Сейчас этот метод получает все большее распространение, и исследования и рекомендации изложенные в диссертации, особенно ценны. Автором

диссертации выполнен большой объём вычислений по анализу данных в 115 обсерваториях, работавших по проекту «Интермагнит» и убедительно продемонстрировано, что почти всегда (теоретически) можно найти подходящее положение базовой точки, с помощью которой можно успешно подавить шумы на исследуемой территории. Полезным представляется идея диссертанта организовать стационарную сеть базовых МТ-станций данные которых могут быть использованы для МТ-зондирований. К сожалению, в работе не исследовано может ли при этом возникнуть смещение передаточных функций неоднородности поля и влияния локальных неоднородностей разреза в базовой точке. Это можно было бы сделать сравнивая результаты обработки реализаций МТ-полей зарегистрированных, например, днём и ночью, в спокойные и возмущённые дни, в различные сезоны года, при размещении базовой и полевых точек вблизи различных неоднородностей разреза. Опыт показывает, что эффект смещения может существовать.

Полностью оригинальной является **пятая глава** работы, посвящённая обработке данных **МТЗ, в шельфовой зоне**. Особенностью таких зондирований является непосредственно схема измерений: единственная электрическая приёмная линия, размещение приёмников вблизи морского дна, удалённая база на суше.

Интересны результаты численного моделирования схемы измерений и обработки морских МТ-данных. Получены ожидаемые результаты: влияние геоэлектрических неоднородностей примерно одинаково на ТЕ и ТМ моды поля и передаточные функции близки к локально-нормальным. Модель установки с базовой станцией, к сожалению, в диссертации не обсуждается. А она представляет особый интерес, поскольку разрезы на берегу и в море различаются и можно было бы оценить эффект влияния неоднородностей в море и на суше.

Результаты полевых испытаний очень хороши, и исполнителей этих работ и диссертанта, обработавшего МТ измерения, можно поздравить! Было

бы здорово если бы можно было сравнить полученные результаты с бурением.

Завершая анализ диссертационной работы, хочу особо отметить хороший обзор современных методов обработки МТ-данных, высокую квалификацию диссертанта проявленную при разработке программного комплекса.

Разработанный пакет программ предоставляет оператору широкие возможности, но и требует от него умелого его использования. В настоящее время практически все работающие в стране организации, выполняющие МТ-зондирования, работают со своими собственными программами. Соответственно, качество материалов и их интерпретации различно и их трудно сопоставить и оценить. Было бы полезно если бы диссертант составил соответствующие методические указания по работе с пакетом программ и предложил их для внедрения в нашей стране.

Сделанные замечания, скорее являются пожеланиями. Они не умаляют значимости диссертационного исследования, не снижают высокой оценки всей работы и, в особенности, программного комплекса.

Автореферат достаточно полно передаёт содержание выполненной работы.

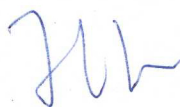
Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» (по техническим наукам), а также критериям, определённым пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении учёных 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 Епишкин Дмитрий Викторович, вне всяких сомнений заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата

технических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент:

Доктор физ.-мат наук,
Главный научный сотрудник Центра
Геоэлектромагнитных исследований -
Филиала Института Физики Земли
им. О.Ю. Шмидта РАН,
профессор РАН

Файнберг Эдуард Борисович



04.05.2018

Контактные данные:

тел.: +7(905)5444599, e-mail: fain@igemi.troitsk.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация: 01.04.12 – Геофизика

Адрес места работы:

108840, г. Троицк, Москва, а/я 30

Центр Геоэлектромагнитных Исследований ИФЗ РАН

Тел.: рабочий телефон; e-mail: gemri@igemi.troitsk.ru

Подпись главного научного сотрудника
ЦГЭМИ ИФЗ РАН Файнберга Э.Б. заверяю
Зам. директора



04.05.2018

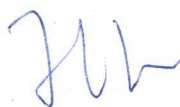
Шаблина А.П.

технических наук по специальности 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Официальный оппонент:

Доктор физ.-мат наук,
Главный научный сотрудник Центра
Геоэлектромагнитных исследований -
Филиала Института Физики Земли
им. О.Ю. Шмидта РАН,
профессор РАН

Файнберг Эдуард Борисович



04.05.2018

Контактные данные:

тел.: +7(905)5444599, e-mail: fain@igemi.troitsk.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация: 01.04.12 – Геофизика

Адрес места работы:

108840, г. Троицк, Москва, а/я 30

Центр Геоэлектромагнитных Исследований ИФЗ РАН

Тел.: рабочий телефон; e-mail: gemri@igemi.troitsk.ru

Подпись главного научного сотрудника
ЦГЭМИ ИФЗ РАН Файнберга Э.Б. заверяю
Зам. директора



04.05.2018

Шаблина А.П.