

ОТЗЫВ официального оппонента Шимелевича М.И.
на диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук
Суkonкина Максима Алексеевича на тему: «Подавление влияния
приповерхностных неоднородностей на магнитотеллурические данные»
по специальности 1.6.9. Геофизика

Проблема искажений кривых магнитотеллурического зондирования (МТЗ), связанных с влиянием локальных приповерхностных неоднородностей (ЛППН) давно известна как одна из ключевых при интерпретации измеряемых данных. Мелкие проводящие или высокоомные объекты в верхней части разреза приводят к эффекту статического смещения амплитудных кривых МТЗ по уровню во всем диапазоне частот, что затрудняет построение достоверных моделей недр.

На сегодняшний день существует ряд подходов к решению данной проблемы, однако комплексного решения, учитывающего различные критерии подавления поверхности помехи, не выработано. Диссертация М.А. Суkonкина заполняет этот пробел: в ней предложены новые перспективные алгоритмы и оптимальная комплексная методика подавления приповерхностных помех, направленные на повышение информативности и достоверности метода МТЗ при изучении глубинного строения Земли и поиске полезных ископаемых, что свидетельствует об **актуальности и значимости** выбранной темы.

Автором сформулированы три **защищаемых положения**.

1. Первое касается эффективности использования фазового теллурического тензора $[\Phi^T]$. Соискатель утверждает, что фазовый теллурический тензор $[\Phi^T]$, рассчитанный на основе теллурического тензора $[T]$ (связывающего электрические поля в базовой и рядовой точках), позволяет устраниТЬ влияние приповерхностных искажений и извлечь информацию о региональных структурах. В диссертации представлены численные результаты моделирования, подтверждающие достоверность данного положения.

2. Второе защищаемое положение касается нормализации кривых МТЗ способом пространственной низкочастотной фильтрации и повышения её эффективности за счет использования системы дополнительных весов. Автор вводит дополнительные веса, учитывающие отклонение от среднего в скользящем окне и отличие в ориентации амплитудной и фазовой полярных диаграмм. Утверждение об эффективности предложенных весов в работе подкреплено серией численных экспериментов на модельных данных. Сравнение результатов нормализации с дополнительными весами и без них показывает, что первый подход обеспечивает лучшую согласованность скорректированных данных с данными для геоэлектрической модели без ЛППН.

3. Третье защищаемое положение посвящено нормализации дополнительных компонент тензора импеданса $[Z]$ и теллурического тензора $[T]$ с использованием коэффициентов, определенных для соответствующих главных компонент. Эта идея направлена на согласованную коррекцию всех компонент этих тензоров в трехмерной среде: автор предлагает сначала определять коэффициенты смещения для основных компонент, а затем применять их для нормализации дополнительных. В работе приведены результаты, подтверждающие эффективность такого подхода: на синтетических примерах показано, что такая нормализация существенно снижает отклонение нормализованных данных от данных для модели без ЛППН.

В целом, все защищаемые положения логически обоснованы и опираются на практические результаты, полученные автором. Объем проведенных исследований (численное 3D моделирование, применение и сравнение разных методов анализа и коррекции) внушителен и обеспечивает надежную доказательную базу.

В диссертации соискатель сформулировал ряд научных выводов и рекомендаций. К основным из них можно отнести следующие.

Применение фазового теллурического тензора $[\Phi^T]$ для выделения информации о глубинных структурах, а также нормализации кривых теллурического тензора, существенно расширяют возможности применения

теллурического тензора $[T]$, который редко используется из-за сильного влияния ЛППН на электрическое поле.

В работе получил существенное развитие метод нормализации кривых МТЗ с помощью пространственного сглаживания. Новизна состоит во введении комплекса весовых поправок, что превращает классическое осреднение скользящем окне в более гибкий инструмент, способный автоматически учитывать разницу в амплитудах кривых и в ориентации амплитудных и фазовых полярных диаграмм. Кроме того, новым и весьма эффективным является способ коррекции дополнительных компонент тензоров $[Z]$ и $[T]$ с использованием коэффициентов, определённых для их основных компонент.

Все предложенные методы объединены в системе комплексного анализа и коррекции данных, реализованной в виде программного комплекса MTDA. В программе можно выполнить декомпозицию тензоров $[Z]$ и $[T]$, вычислить их фазовые инварианты, осуществить нормализацию кривых и подготовить данные к визуализации в широко используемых стандартных программах. Таким образом, создана новая и уникальная в своем роде программная платформа, специально ориентированная на подавление приповерхностных эффектов в данных МТЗ. Это закладывает основу для дальнейших исследований и модификаций предложенных алгоритмов, а также облегчает внедрение результатов в практику.

Большое практическое значение имеет то, что автор сформулировал методику применения методов выделения информации о глубинных структурах и методов коррекции статических смещений при изучении сред различной размерности: горизонтально-слоистых, двухмерных и трёхмерных. Этими рекомендациями можно пользоваться, как при изучении глубинного строения литосферы, так и при поисках и разведке различных полезных ископаемых.

Диссертация производит положительное впечатление, а полученные результаты убедительны. Имеются, однако, некоторые **замечания и вопросы**, которые стоит учесть при дальнейших исследованиях.

1. В работе использована одна относительно простая геоэлектрическая модель, включающая крупную трёхмерную аномалию в фундаменте и множество мелких приповерхностных неоднородностей. Возникает вопрос, насколько полученные выводы справедливы для более сложных ситуаций, например, при наличии нескольких глубинных объектов, контрастных наклонных слоев и т.д. В дальнейших исследованиях имеет смысл опробовать разработанные методы на более широком классе моделей и реалистичных геологических ситуаций, чтобы подтвердить универсальность подхода.

2. Автор оценивает эффективность предлагаемых подходов, сравнивая получаемые с их помощью данные МТЗ с данными для модели с однородным верхним слоем. Это, конечно, первое, что напрашивается сделать. Но остаётся вопрос, как скажется коррекция на результатах инверсии (решения обратной задачи) реальных данных? Видно, что, например, нормализация работает не идеально, что должно в какой-то степени сказаться на получаемых моделях.

3. В качестве пожелания на будущее следует отметить, что поскольку инверсия измеренных данных МТЗ не может проводится на практике без алгоритмов подавления влияния ЛППН, последние должны быть встроены в качестве модулей в соответствующие программные комплексы.

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 Сукачев Максим Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9. Геофизика.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,
профессор Кафедры информационных систем и технологий Института цифровых технологий недропользования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»

ШИМЕЛЕВИЧ Михаил Ильич

6 ноября 2025 г.

Контактные данные:

тел.:

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

1.6.9. Геофизика

Адрес места работы: 117997, Москва, улица Миклухо-Маклая, 23

Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе, Институт цифровых технологий недропользования, Кафедра информационных систем и технологий

Тел.:

рукопись
ОВЕРБЮ
К отдела по работе с персоналом
700-Шимелевич
4 2025 г.