

## **ОТЗЫВ**

на автореферат диссертации Ворошилова Владислава Алексеевича

**«Развитие методов моделирования и трансформации гравитационных и магнитных аномалий»**,  
представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук  
по специальности 1.6.9. – Геофизика.

В настоящее время расширение минерально-сырьевой базы России является одной актуальной задачей. Это требует повышения эффективности геофизических исследований на всех этапах геологоразведочных работ. Создание и применение новых современных компьютерных технологий в геофизике позволяют решать сложные геологические задачи, что расширяет возможности методов гравиразведки и магниторазведки.

В диссертации представлены программно-алгоритмические и методические разработки по совершенствованию построения аналитических моделей геопотенциальных полей.

**Целью** настоящей работы является создание эффективных алгоритмов моделирования и трансформации данных гравиразведки и магниторазведки для более полного извлечения геологической информации из данных полевых измерений.

**Для достижения цели были поставлены следующие задачи исследований:**

1. Разработать и апробировать методику учета аномалеобразующих объектов, находящихся вне территории проведения крупномасштабных полевых геофизических работ при построении аналитических моделей геопотенциальных полей.

2. Провести обоснование эмпирической модовой декомпозиции с целью моделирования и трансформации двумерных и трехмерных данных гравиразведки и магниторазведки. Разработать программу, реализующую EMD-преобразование и апробировать алгоритм на модельных и реальных данных.

3. Разработать и обосновать алгоритм, позволяющий проводить трехмерное EMD-преобразование данных гравиразведки и магниторазведки.

4. Разработать программу, реализующую двумерное, псевдотрёхмерное и трехмерное EMD-преобразование.

**Научная новизна диссертации заключается в следующем:**

1. Разработана методика учета объектов, расположенных за пределами площади съемки при аппроксимационном подходе построения трансформант.

2. Теоретически обосновано и апробировано использование эмпирической модовой декомпозиции для обработки и моделирования данных гравиразведки и магниторазведки.

3. Разработан алгоритм управляемой эмпирической модовой декомпозиции (Guided Empirical Mode Decomposition или GEMD), позволяющий проводить разложение данных площадных геофизических съемок на независимые эмпирические модовые составляющие.

4. Реализована программа, позволяющая проводить Guided Empirical Mode Decomposition двумерных и трехмерных геофизических данных.

**Теоретическая и практическая значимость настоящей диссертационной работы заключается в следующем.**

1. Разработаны технологии высокоточного вычисления трансформант гравитационных и магнитных аномалий, совместного использования разномасштабных съемок в процессе истокообразной аппроксимации, а также даны рекомендации по использованию EMD-разложения и его модификаций для анализа геофизических данных.

2. Разработанные алгоритмы позволяют существенно улучшить результаты выделения компонент геопотенциальных полей, связанных с различными геологическими объектами (или структурами) для их последующей геологической интерпретации. Применение созданной программы на основе эмпирической модовой декомпозиции позволяет извлекать из данных полевых измерений скрытую информацию о геологическом строении недр.

3. При использовании предложенных алгоритмов значительно повышается эффективность геофизических работ при решении картировочных, прогнозно-поисковых и инженерно-геологических задач. Разработанные автором методы и алгоритмы применялись для уточнения геологического строения соляной толщи Верхнекамского месторождения солей.

**Методология и методы исследований.**

В состав исследований входило: изучение теоретических основ используемых методов; разработка алгоритмов; моделирование геофизических полей; написание программ в среде

объектно-ориентированного программирования; выполнение вычислительных экспериментов; анализ результатов экспериментов; проведение полевых работ; качественная интерпретация материалов гравиразведки на Верхнекамском месторождении солей, участие в написании отчетов по результатам научных работ с использованием созданных компьютерных технологий.

В процессе проведения исследований автор использовал известные положения теории потенциала, математического анализа, линейной алгебры, вычислительной математики, физики, методологии интерпретации геофизических полей и программирования. В качестве конкретных методов были использованы: математическое моделирование, истокообразные аппроксимации, линейная фильтрация, эмпирическая модовая декомпозиция, спектральный анализ, вейвлет-анализ.

#### **Основные результаты исследований по теме диссертационной работы:**

1. При трансформации данных аэромагнитных съемок представляется целесообразным использование двухуровневых аппроксимационных конструкций и декомпозиции задачи, основанной на использовании результатов исследований разного масштаба, выполненных на различных высотах. Аналогичный подход применим к данным аэрогравиразведки;

2. Эмпирическая модовая декомпозиция является эффективным алгоритмом фильтрации дискретно заданных значений геопотенциальных полей, поскольку предназначена для анализа нестационарных и нелинейных процессов, какими и являются любые геофизические сигналы. Включение эмпирической модовой декомпозиции в граф обработки данных гравиразведки и магниторазведки позволяет отфильтровать помехи, сопоставимые по амплитуде с полезным сигналом, в т.ч. с отличающийся от нормального законом распределения;

3. Создан и программно реализован алгоритм эмпирической модовой декомпозиции, совмещающий в себе использование адаптивного базиса и преобразования сигнала вида «масштаб-время» позволяет избавиться от недостатков классического EMD за счет незначительного закругления аппроксимации исходных данных в высокочастотной области. Трехмерная модификация GEMD позволяет не только получить трансформанты поля, ассоциируемые с геологическими структурами и объектами определенного ранга, но и разбитую на ранговые блоки разноглубинных эквивалентных источников аппроксимационную конструкцию, необходимую при дальнейшем построении различных трансформант геопотенциальных полей.

4. Разработана программа «Разложения геофизических данных на модифицированные модовые функции EMD (MMF)» в IDE Lazarus, реализующая GEMD-декомпозицию в модификациях 2D, псевдо-3D и 3D, успешно использующаяся при решении инженерно-геологических задач.

Диссертация Ворошилова Владислава Алексеевича **«Развитие методов моделирования и трансформации гравитационных и магнитных аномалий»** представляет собой законченную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики. Результаты работ достаточно обоснованы. Автореферат написан хорошим научным языком, диссертация опробована в печати.

Диссертационная работа соответствует требованиям, изложенным в пункте 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9. – Геофизика.

Талалай Александр Григорьевич

620902, Екатеринбург, с. Горный Щит, ул. Ленина, 51  
Тел. 8-912-242-10-43, e-mail: nedra@uralnedra.ru

ООО Концерн «НЕДРА»

Генеральный директор, зав. кафедрой геофизики ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», профессор, доктор геол.-мин. наук

Шифр специальности, по которой присуждена ученая степень в соответствии с номенклатурой научных специальностей) – 25.00.10 Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых – геолого-минералогические науки

Я, Талалай Александр Григорьевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.  
21.03.2023 г.