

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Ворошилова Владислава Алексеевича на тему «Развитие методов моделирования и трансформации гравитационных и магнитных аномалий» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 - «Геофизика»

Структура и объем диссертации

Диссертация содержит введение, четыре главы, заключение, список литературы из 85 наименования, список сокращений и условных обозначений. Работа состоит из 114 страниц текста, 42 иллюстрации и 11 таблиц.

Актуальность исследований.

Актуальность выбранной соискателем темы сомнений не вызывает, поскольку в настоящее время создание новых способов компьютерных технологий истолкования геофизических полей, позволяет решать сложные геологические задачи. Соискатель поставил себе цель – разработать программно-алгоритмические и методические исследования по совершенствованию построения аналитических моделей геопотенциальных полей с использованием истокообразной аппроксимации, вычислению трансформант по материалам разномасштабных геофизических съемок.

Научные исследования, проводимые автором в рамках диссертационной работы, приобретают особую важность, а именно: практическое использование прогрессивных технологий извлечения информации из данных полевых наблюдений, в сочетании с резко возросшими вычислительными возможностями современных компьютеров, существенно расширяет возможности методов гравиразведки и магниторазведки.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованная автором работы актуальность темы определила цель исследования и задачи методологического, практического и экспериментального характера, которые были успешно решены соискателем, а основные результаты исследований отражены в выводах и рекомендациях и не противоречат исследованиям ведущих геофизиков в данной области.

Степень обоснованности научных положений определяется как высокая и подтверждается большим объемом используемого фактического материала, а именно: при использовании предложенных алгоритмов значительно повышается эффективность геофизических работ при решении картировочных, прогнозно-поисковых и инженерно-

геологических задач, а именно, для уточнения геологического строения соляной толщи Верхнекамского месторождения солей.

Достоверность и научная новизна выводов

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена использованием современных методов обработки и интерпретации геолого-геофизической информации, согласованностью полученных результатов исследований с теоретическими положениями и опубликованными материалами других исследователей.

Результаты, представленные в диссертации, прошли рецензирование и были опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК.

Научная новизна, определяющая научную и практическую значимость 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.

Таким образом, новизна выводов заключается в реализации программы, которая может проводить Guided Empirical Mode Decomposition двумерных и трехмерных геофизических данных. Научные положения, вынесенные на защиту имеют необходимую доказательную базу.

Первое научное положение: *Методика моделирования гравитационного и магнитного полей, основанная на истокообразной аппроксимации результатов разномасштабных геофизических съемок, позволяет повысить точность вычисления трансформант за счет минимизации искажений, проявляющихся в периферических частях территории исследований.*

В процессе подготовки диссертации автором проведен глубокий анализ главных научных направлений в программных комплексах в области геофизических исследований.

Примененные диссертантом методы интерпретации позволили сделать выводы, что на основе описанных выше экспериментальных результатов и их анализа можно сформулировать методику моделирования гравитационных и магнитных полей, которая

существенно уменьшает погрешность истокообразной аппроксимации и как следствие – всех вычисляемых на ее основе трансформант.

Кроме того, автор для подавления краевых эффектов использовал двухуровневую аппроксимационную конструкцию, отвечающую соотношению $h_1/\Delta x_1 = h_2/\Delta x_2 = 1.2, \Delta x_2/\Delta x_1 = 5$ с последующей оценкой точности получаемых результатов. Увеличение глубин источников приведет к более плавному уменьшению магнитного поля возле границы области S. **Первое положение доказано.**

Второе научное положение: *Применение эмпирической модовой декомпозиции, с использованием истокообразных аппроксимаций при построении огибающих, уменьшающих влияние краевых эффектов декомпозиции, позволяет решать широкий спектр задач трансформации и моделирования двумерных и трехмерных данных гравиразведки и магниторазведки.*

Для геофизических полей характерна нестационарность, т.е. естественное изменение их статистических характеристик в пространстве. Природа этих изменений различна, и, в частности, может быть связана с фрактальными особенностями полей, обладающих самоподобной иерархически упорядоченной структурой.

Особое место в своих исследованиях автор использует интерес к эмпирической модовой декомпозиции в геофизике, которая исходит из того, что компоненты EMD практических данных обычно физически значимы и отображают различные объекты или физические процессы, сформировавшие сигнал. Таким образом, полученные IMF при разложении геофизических сигналов можно использовать для геологической интерпретации.

Автор обосновывает, что полученные данные позволяют решать широкий спектр задач моделирования и преобразования двумерных и трехмерных данных гравиразведки и магниторазведки. **Второе положение доказано.**

Третье научное положение: *Компьютерная технология трехмерной контролируемой эмпирической модовой декомпозиции, позволяющая приближённо выделять компоненты интерпретируемого поля, обусловленные разноглубинными геоплотностными границами и объектами.*

Автор создает другую модификацию алгоритма EMD, которая была управляемая и решала существующие проблемы и могла использоваться для анализа геофизических данных большой размерности.

Предлагается новый алгоритм разложения сигналов на составляющие вида (2), использующий априорные ограничения на спектральный состав функций $\psi(x)$, близких к IMF, но не являющихся таковыми. Поэтому, разработанный алгоритм объединяет вместе использование адаптивного базиса (EMD) и преобразований сигнала вида "масштаб-время"

(FWT) за счет использования дополнительных ограничений на частоты квазиортогональных компонент разложения исходного сигнала. И, кроме того, такой подход позволил получить более качественные геологические результаты. В результате проведенного соискателем сравнения между классическим алгоритмом эмпирической модовой декомпозиции и новым алгоритмом управляемой модовой декомпозиции показано, что числа обусловленности, характеризующие влияние неточностей исходных данных на результаты решения СЛАУ в новом алгоритме на 2-3 порядка ниже чем в классическом. Автор показал, что получаемые в результате разложения компоненты взаимно ортогональны. **Третье положение доказано.**

Значимость для практики полученных автором результатов

Практическая ценность диссертационной работы связана с решением важных прикладных задач и повышает эффективность геофизических работ при решении картировочных, прогнозно-поисковых и инженерно-геологических задач. 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.

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

Соответствие диссертационных исследований пунктами паспорта научной специальности, публикации и апробация работы

Диссертация **Ворошилова Владислава Алексеевича на тему «Развитие методов моделирования и трансформации гравитационных и магнитных аномалий»** соответствует научной специальности **1.6.9 - «Геофизика»**, так как в ней содержится решение задачи создания нового методического и программного обеспечения и компьютерных технологий.

Результаты диссертационного исследования опубликованы автором лично и в соавторстве опубликовано 19 статей, из них 3 статьи входят в перечень ВАК, 7 – в базу

SCOPUS. Получен 1 патент и 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях регионального, всероссийского и международного уровней, **что говорит о ее значительной апробации**: XVIII Уральская молодежная научная школа по геофизике (2017), 46-я сессия Международного семинара имени Д.Г. Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных магнитных и электрических полей» (2019), 39-я Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Геология и полезные ископаемые Западного Урала» (2019), XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Геология в развивающемся мире" (2020), 40-я Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Геология и полезные ископаемые Западного Урала» (2020), международная научно-практическая конференция «Теория и практика разведочной и промысловой геофизики» (2020), 47-я сессия международного научного семинара имени Д.Г. Успенского – В. Н. Страхова «Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей» (2020), 16-я научно-практическая конференция и выставка «Инженерная и рудная геофизика 2020» (2020), 17-я научно-практическая конференция и выставка «Инженерная и рудная геофизика 2021» (2021), всероссийская научно-практическая конференция «Пермская система земного шара – 180 лет» (2021).

Замечания по работе.

1. Текст диссертации местами написан сложно, местами встречаются неудачные высказывания.
2. Автору диссертационной работы следовало в разделе 2.2 привести пример использования предлагаемой методики не только на относительно спокойном участке поля, но и на более расчленённом поле, западнее контура съемки 2.
3. Представленные в таблице 3.1 эмпирические моды следовало бы также отобразить на рисунке.
4. На рисунке 4.8 неверно рассчитано распределение источников на глубине 47dx, из-за чего в центральной части участка намного меньше источников, чем в краевых частях.
5. К сожалению, в главе 4 не очень хорошо описано геологическое строение изучаемого участка. Соискателю следовало привести пример разреза, полученного способом ПВРО, характеризующего геологическое строение исследуемого участка.
6. Формулировка научной новизны **недостаточно конкретна**. Не все же сделано впервые?

7. В заключение диссертации и автореферата не приведены направления и перспективы дальнейшей разработки темы исследования.

Заключение

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней».

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности **1.6.9 - «Геофизика»**, так как в ней содержится решение задачи создания нового методического и программного обеспечения и компьютерных технологий.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа написана технически грамотным языком, обладает новизной, внутренним единством и логикой построения, полностью раскрывает сущность выполненного исследования и аккуратно оформлена. Результаты диссертационной работы имеют методическое, технологическое значение и носят прикладной характер. Выводы диссертационных исследований не противоречат существующим теоретическим представлениям, их достоверность подтверждается многочисленными примерами апробации и большим объемом фактических данных.

Автореферат отражает содержание диссертации, а ее основные положения опубликованы в открытой печати.

Работа отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертациям по критериям п.п. 9-14, установленным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (с изменениями и дополнениями).

Таким образом, соискатель **Ворошилов Владислав Алексеевич** заслуживает присуждения ученой степени **на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 - «Геофизика»**

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник,
ведущий научный сотрудник лаборатории скважинной геофизики
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича
Уральского отделения РАН

15 февраля 2023 года



Я, Иголкина Галина Валентиновна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Контактные данные:

тел.:8908 63 23 922

e-mail:galinaigolkina@yandex.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:25.00.10 -

Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

**Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт геофизики
им. Ю.П. Булашевича Уральского отделения
Российской академии наук**

Адрес места работы: 620016, Екатеринбург, ул. Амундсена, дом 100

Тел.: +7 (343) 267-88-68; e-mail: igfuroran@mail.ru

