

**ОТЗЫВ официального оппонента**  
**на диссертацию на соискание ученой степени**  
**кандидата физико-математических наук Колотова Игоря Ивановича**  
**на тему: «Регуляризирующие алгоритмы восстановления магнитных**  
**полей по экспериментальным данным»**  
**по специальности 1.3.3 – «Теоретическая физика»**

Диссертационная работа посвящена исследованию задачи восстановления параметров намагниченности в коре планет и магнитной восприимчивости в коре планет по измеренным значениям магнитного поля и/или градиентов компонент магнитного поля. Задачи формулируются в виде трёхмерных интегральных уравнений Фредгольма 1-го рода, которые сводятся к решению плохообусловленных систем линейных алгебраических уравнений высокой размерности на многопроцессорных системах.

**Актуальность темы.** Задачи по восстановлению параметров намагниченности и магнитной восприимчивости в геофизических приложениях является важным для

1. Изучения глубинного строения строения планет, в том числе с учётом априорной информации о решении,
2. Выявления слабых магнитных аномалий для поиска полезных ископаемых,
3. Уточнения моделей магнитного поля в настоящем и проверки гипотез о существовании магнитного динамо в прошлом.

**Научная новизна и практическая значимость исследований.**

1. Предложены новые методы и подходы для интерпретации реальных геофизических данных и данных межпланетных миссий.
2. Используемые автором алгоритмы не применялись ранее и могут быть использованы для более широкого круга геофизических приложений.
3. Программный пакет, разработанный в данном исследовании, способен решать реальные, прикладные трёхмерные обратные задачи.

**Обоснованность и достоверность научных положений и выводов.**

Основные результаты работы представлены на конференциях и были апробированы на тестовых данных. Результаты автора представляются достоверными.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения и списка литературы. Число страниц в диссертации 118. Библиография содержит 161 наименование.

Во **введении** излагается цель и основная задача исследования, объясняется степень научной новизны полученных результатов, кратко описываются методология и методы исследования, перечисляются положения, выносимые на защиту. Приведена информация о конференциях, на которых представлялись работа автора, и список основных публикаций по теме работы.

В **первой главе** представлен краткий обзор применявшихся ранее подходов.

Во **второй главе** представлены постановки решаемых задач. Отдельно стоит отметить сформулированную и доказанную автором теорему единственности решения задачи восстановления распределения интенсивностей магнитных диполей для случая двух диполей и произвольного распределения сенсоров в пространстве.

В **третьей главе** с помощью разложения Гаусса-Ми выделяется высокочастотная компонента внутреннего поля что позволяет провести локализацию ``тонких структур`` в коре Меркурия.

В **четвёртой главе** рассмотрены методы регуляризации решения поставленной некорректной задачи. В работе используется алгоритм, основанный на минимизации функционала Тихонова, для выбора параметра регуляризации применяется алгоритм конечномерного обобщенного принципа невязки. Дополнительно рассмотрено несколько итерационных алгоритмов. Эффективно применяются априорные ограничения на неизвестные решения. Приводятся конечно-разностные аппроксимации поставленных задач.

В **пятой главе** представлены результаты численного моделирования. Для задач с априорными ограничениями проводятся сравнения результатов. Показано преимущество модели с градиентами компонент магнитного поля в качестве входных данных по сравнению со значениями проекций самого магнитного поля. Для задачи локализации ``тонких структур`` в коре Меркурия проведён подробный анализ всех полученных решений для обоснования выбора итогового решения.

В **шестой главе** кратко описывается программный комплекс, реализованный автором.

В **Заключение** приведены основные результаты работы.

#### **Замечания по работе.**

1. В качестве пожелания, если найти сингулярные числа системы (19), то можно оценить степень некорректности задачи.
2. Как выбирался параметр регуляризации в уравнении (37) и последующих расчетах и почему?
3. В разделе 4.3. (при описании метода решения задачи восстановления параметров намагниченности в коре планет (стр. 67, формула (63)) используется метод решения, основаны на минимизации функционала А.Н. Тихонова со сглаживающей добавкой по норме евклидова пространства  $E$ . Хотя ранее (в разделе 4.1. "Методы решения обратных некорректно поставленных задач") используется предположение, что соответствующие сглаживающие добавки определяются по норме гильбертовых пространств (например, формула (34)). Пояснений, почему можно перейти к евклидовым пространствам не дано.
4. Хотелось бы услышать больше подробностей при реализации алгоритмов с использованием технологий MPI и OpenMP. Какие вычислительные мощности были использованы при решении задач?

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 паспорту специальности 1.3.3 – «Теоретическая физика» (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых 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 Колотов Игорь Иванович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – «Теоретическая физика».

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук, профессор РАН  
заместитель директора по науке  
ФГБУН Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН  
Шишленин Максим Александрович

Контактные данные:

тел.: (383) 329-76-76; mail: mshishlenin@ngs.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена  
диссертация:

01.01.07 - Вычислительная математика

Адрес места работы:

630090, г. Новосибирск, Проспект академика Коптюга, 4, ФГБУН Институт  
математики им. С.Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии  
наук,  
Тел.: (383) 333-28-92; mail: [im@math.nsc.ru](mailto:im@math.nsc.ru)