

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»

Рецензируемая диссертационная работа посвящена исследованию проблем решения задачи восстановления параметров намагниченности в коре планет и магнитной восприимчивости в Земной коре по измеренным значениям магнитного поля и/или градиента магнитного поля. Также в работе в зависимости от априорной информации предложены различные численные алгоритмы решения, которые могут быть реализованы как на обычных компьютерах, так и на многопроцессорных системах.

Актуальность темы. Задачи по восстановлению параметров намагниченности и магнитной восприимчивости в земной коре и коре планет Солнечной системы является важным для изучения их глубинного строения планет, выявления слабых магнитных аномалий для поиска полезных ископаемых, уточнения моделей магнитного поля в настоящем и проверки гипотез о существовании магнитного динамо в прошлом. Последнее особенно важно для Меркурия, у которого есть магнитное динамо. Также важна задача уточнения модели магнитного поля планет. Для ее решения необходимо выделять так называемую «коровую» составляющую магнитного поля, которая обусловлена наличием близко залегающих к поверхности плотностных магнитных неоднородностей. Перечисленные выше задачи в рассматриваемой работе автор сводятся к трёхмерным интегральным уравнениям Фредгольма 1-го рода, что в совокупности с погрешностями входных данных приводит к решению систем линейных алгебраических уравнений высокой размерности с плохообусловленной матрицей. Последнее

требует реализации эффективных алгоритмов на многопроцессорных системах.

Научная новизна и практическая значимость исследований.

Автором разработаны новые методы и подходы для интерпретации реальных геофизических данных, а также экспериментальных данных, полученных в ходе межпланетных миссий. Разработанные в данной работе комплексы программ позволяют решать реальные прикладные трёхмерные обратные задачи.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов.

Основные результаты работы представлены на многочисленных конференциях. Применявшиеся в работе алгоритмы были апробированы на тестовых данных.

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

Во **введении** сформулированы цели и основные задачи работы, охарактеризована степень научной новизны полученных результатов, кратко описаны методология и методы исследований и перечислены положения, выносимые на защиту. Приведена информация об апробации работы на конференциях и об основных публикациях автора по теме диссертации.

В **первой главе** представлен краткий исторический обзор подходов и результатов предыдущих лет, на основе которых написана работа автора.

Во **второй главе** подробно описаны постановка задачи восстановления параметров намагниченности, а также задача восстановления магнитной восприимчивости в коре планет по измеренным значениям магнитного поля и/или градиентов магнитного поля на некотором расстоянии от поверхности. Автором сформулирована и доказана теорема единственности решения задачи восстановления распределения интенсивностей магнитных диполей для случая двух диполей и произвольного распределения сенсоров в пространстве.

В третьей главе подробно описан метод локализации «тонких структур» в коре Меркурия на основе решённой задачи восстановления эквивалентного распределения намагниченности. Результаты этой задачи используются для восстановления значений магнитного поля в окружающем Меркурий шаром слое. Далее, из восстановленного в шаровом слое поля, с помощью разложения Гаусса-Ми, выделяется высокочастотная компонента внутреннего поля. Задача решена для трёх шаровых слоёв, расположенных вокруг Меркурия.

В четвёртой главе рассмотрены методы регуляризации решения поставленной некорректной задачи. В работе автором используется алгоритм, основанный на минимизации функционала Тихонова, для выбора параметра регуляризации применяется алгоритм конечномерного обобщенного принципа невязки. Также автором эффективно использованы априорные ограничения на неизвестное решение. Описаны все применявшиеся численные алгоритмы. Приводятся конечно-разностные аппроксимации поставленных задач.

В пятой главе приведены результаты численного моделирования в виде графиков. Проведено сравнение результатов работы численных алгоритмов для задачи с априорными ограничениями. Обосновано преимущество модели с градиентом магнитного поля в качестве входных данных по сравнению со значениями самого магнитного поля. Для задачи локализации «тонких структур» в коре Меркурия проведён подробный анализ графиков всех полученных решений для обоснования выбора итогового решения. Отдельным параграфом описан способ оценки погрешностей входных данных.

В шестой главе кратко описан реализованный автором программный комплекс. Указаны применявшиеся автором языки программирования, а также сторонние библиотеки программного обеспечения.

Заключение содержит список основных результатов.

Замечания по работе.

1. Во второй главе диссертации автором проведено исследование на единственность решения задачи восстановления распределения магнитной интенсивности для частного случая двух диполей при произвольном количестве датчиков. Представленный автором результат представляет теоретическую ценность, однако практическую ценность представляет обобщение этого результата на случай произвольного количества диполей.
2. В пятой главе приведены результаты восстановления намагниченности в коре Меркурия по данным спутниковых наблюдений. При этом восстановление параметров намагниченности проводилось в толщине приповерхностного слоя равном 100 км. Однако, выбор такой толщины не был мотивирован. Очевидно, что конкретное значение толщины приповерхностного слоя может сильно повлиять на результат восстановления.

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, кафедра общей физики
физический факультет
Московского государственного
университета имени М.В. Ломоносова

Поляков Пётр Александрович

Дата подписания

Контактные данные:

тел.: +7 (495) 939-1435, e-mail: pa.polyakov@physics.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.04.02 - Теоретическая физика

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова д.1, стр. 2,
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени
М.В.Ломоносова» физического факультета, кафедры общей физики
Тел.: +7 (495) 939-1435; e-mail: pa.polyakov@physics.msu.ru

Подпись профессора кафедры общей физики
Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова
П. А. Полякова удостоверяю:

Ученый секретарь Ученого Совета физического факультета МГУ им.
М.В.Ломоносова профессор

В.А.Караваяев