

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации
Черноскутова Александра Игоревича

«Прямые и обратные задачи гравиметрии при построении трехмерных плотностных моделей земной коры с учетом формы планеты», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность исследований. Диссертационная работа А.И. Черноскутова посвящена разработке численных методов решения прямых и обратных задач геофизики. Особый акцент сделан на построении трехмерных моделей плотности земной коры с учетом формы планеты. В настоящее время не вызывает сомнений необходимость учета радиуса кривизны планеты при проведении теоретических исследований коры планеты, которые, как правило, базируются на численном интегрировании ньютоновского потенциала.

На первых этапах построения теории в помощь исследователям был известный экспериментальный факт, что наша планета очень быстро уплощается. Однако это допущение справедливо на мелких масштабах, что сразу очерчивает область применимости таких эвристических соображений при разработке математических моделей и конструировании вычислительных методов. Развитие высокопроизводительной компьютерной техники позволяет учитывать сферичность Земли и начать отказываться от использования плоских плотностных моделей на больших масштабах исследования задач методами математической физики. Учет сферичности Земли до настоящего времени не имел систематического применения в разработке математических моделей, поскольку для решения этой актуальной задачи не существовало специальных методов или модификаций классических алгоритмов. Восполнению пробела при решении прямых и обратных задач гравиметрии, связанного с учетом формы планеты (небесного тела), посвящена данная диссертационная работа.

Структура и содержание диссертации. Диссертация объемом 91 страницы состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка, состоящего из 51 наименований. В диссертационной работе содержится 17 рисунков, 7 таблиц и 1 приложение.

Во **введении** автором диссертационной работы обосновывается актуальность выбранной темы, сформулированы цели и задачи исследований, указана научная новизна и практическая значимость научных результатов, выносимых на защиту.

В **первой** главе диссертации представлен обзор литературы по теме диссертации. Автором проанализированы научные работы для решения прямых и обратных задач гравиметрии при учете «сферичности» для плотностных моделей. Автором убедительно показывается недостаток

исследований гравиметрических задач в сферической геометрии. Замечено, что использование «сферических» моделей проводится без должного теоретического обоснования с невозможностью качественного воспроизведения результатов, полученных другими исследователями. Тем не менее довольно давно специалистам по математическому моделированию件нятно, что применение классических подходов, связанных с использованием «плоских» трехмерных моделей приводит к большим погрешностям при численном моделировании. Таким образом, в этой главе А.И. Черноскутов убедительно показывает важность и актуальность своей работы, связанной с разработкой новых вычислительных алгоритмов для решения прямых и обратных задач гравиметрии с учетом формы планет.

Во **второй** главе описана разработка численного метода решения прямой задачи гравиметрии для определяющих уравнений, в которой учитывается «сферичность» плотностных моделей. Для вычисления интегралов использовался метод многогранников, поскольку использовать кубатурные формулы затруднительно из-за наличия свободных границ у элементарного эллипсоида Красовского. Отметим, что в главе указано преобразование, позволяющее осуществить взаимный переход от «плоских» к сферическим плотностным моделям земной коры. Проведено исследование погрешности и сходимости метода посредством сравнения с численным алгоритмом Гаусса-Лежандра. Проведенные сравнительные расчеты приведены в таблицах 2.1-2.3, иллюстрирующие вычислительное превосходство предложенного в диссертации метода многогранников. Построенный метод проиллюстрирован решением прямой региональной задачи для геофизики с кусочно-постоянным распределением плотности, заданным на иррегулярной сетке (в геодезической системе координат). Этот способ численного интегрирования показал хорошее сопоставление с натурными данными.

В **третьей** главе изучается учет сферичности плотностных моделей для решения разномасштабных (различной протяженности земной коры) задач. Показано, что важно учитывать «сферичность» земной коры при описании регионов протяженностью порядка 1000×1000 км и мощностью порядка 100 км при решении прямых и обратных задач гравиметрии. В этом случае игнорирование «сферичности» может увеличить погрешность более чем на 5%. Автор диссертации продолжил традиции научной школы, в которой он работает, для «плоской» региональной плотностной модели, построенной под руководством научного руководителя, в результате решения линейной обратной задачи гравиметрии по наблюденному полю, было найдено уточненное решение с поправкой за сферичность. Ошибка в поле для «сферической» модели сокращена в 3 раза: с 9% до 3%.

В **четвертой** главе установлено, что при решении линейных обратных задач гравиметрии для «сферических» моделей в качестве начального приближения можно использовать решение задачи в «плоской» постановке. Данный подход приводит к ускорению вычислений.

В заключении приведены выводы по результатам диссертационного исследования.

Научная новизна. В представленной к защите диссертации в качестве основных научных результатов можно выделить:

1. Впервые предложен способ преобразования «плоских» моделей в «сферические» представления о коре планет, обеспечивающий малую погрешность в полевых вычислениях.
2. Разработан новый метод решения прямых и обратных задач гравиметрии для «сферических» моделей и показана его вычислительная эффективность.
3. Впервые проведено исследование влияния пренебрежением сферической формы планеты (плоских моделей) на результат решения задач гравиметрии.

Научная и практическая значимость работы. В диссертационной работе разработан новый численный метод, который позволяет получить решения обратной задачи гравиметрии для моделей протяженных территорий Земли с меньшей вычислительной погрешностью в сравнении с классическими численными алгоритмами. Этот факт позволит строить более детализированные плотностные модели не только планеты Земля, но и других планет Солнечной системы (возможно, любых других твердых небесных тел).

Достоверность и обоснованность результатов, представленных в диссертации результатов обеспечивается применением постановок задач математической геофизики и способами геофизического моделирования плотностных моделей земной коры, использованием теории некорректных задач с математическим аппаратом численных методов интегрирования и оптимизации. Достоверность результатов вычислений подтверждается «машинной» сходимостью численных решений и качественным согласованием с имеющимися в распоряжении автора данными.

Научные результаты, представленные к защите в диссертационной работе А.И. Черноскутовым, прошли апробацию на всероссийских и международных конференциях, опубликованы в 13 печатных работах, 5 из которых в научных статьях, определенных ВАК и Аттестационным советом УрФУ.

Соответствие автореферата содержанию диссертации. Автореферат ясно, полно и правильно отражает структуру, основные результаты и выводы диссертации.

Замечания по диссертации и автореферату. При ознакомлении с диссертационной работой и авторефератом диссертации не возникает существенных замечаний по представлению материала. В работе имеется небольшое число неточностей и опечаток, не влияющих на восприятие научных результатов. Тем не менее отмечу некоторые дискуссионные моменты, возникшие при ознакомлении с диссертацией и авторефератом:

1. Результаты диссертации воспринимаются лучше, и четче прослеживается их целостность, если после каждой главы приведены выводы.
2. В тексте диссертации не указана причина использования пятиточечного метода Гаусса-Лежандра для оценки сходимости и погрешности. Этот выбор требует пояснения.
3. Хотелось бы услышать пояснения исследования только «машинной» сходимости разработанного численного метода.
4. Не проставлена нумерация в списке литературы, что затрудняет общение к библиографическим источникам во время чтения текста.

Заключение. Диссертационная работа **Черноскутова Александра Игоревича «Прямые и обратные задачи гравиметрии при построении трехмерных плотностных моделей земной коры с учетом формы планеты»** соответствует паспорту специальности 05.13.18 и требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ. Автор диссертации достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

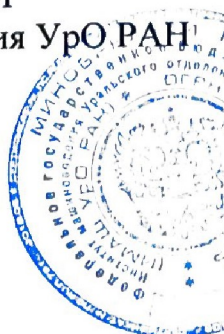
Доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник сектора
нелинейной вихревой гидродинамики ФГБУН
Института машиноведения УрО РАН



Е.Ю. Просвиряков

Почтовый адрес: 620049, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, 34,
ФГБУН Институт машиноведения УрО РАН.
Номер телефона: +7(343)374-20-38, +79826545223.
E-mail: evgen_pros@mail.ru

Подпись Евгения Юрьевича Просвирякова заверяю:
ученый секретарь ФГБУН
Института машиноведения УрО РАН



А.М. Поволоцкая