

## Отзыв научного руководителя

на диссертационную работу Черноскутова Александра Игоревича

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

Черноскутов Александр Игоревич окончил специалитет по специальности «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» в 2015г. и очную аспирантуру по направлению «Информатика и вычислительная техника» Института радиоэлектроники и информационных технологий — РТФ Уральского федерального университета в 2019г.

С 2016г. и по настоящее время работает в лаборатории математической геофизики Института геофизики УрО РАН. Направление исследований А.И. Черноскутова — алгоритмы решения прямых и обратных задач гравимагнитометрии с учетом формы планеты.

Основные результаты в этом направлении следующие. Предложен и программно реализован эффективный (самый быстрый в настоящее время) метод решения прямой задачи гравиметрии для эллипсоидальной модели с кусочно-постоянным распределением плотности, заданным на иррегулярной сетке (в геодезической системе координат). Показано, что метод обеспечивает погрешность в поле менее 0,01% при ~100-кратном ускорении вычислений по сравнению с методом Гаусса-Лежандра для моделей с количеством элементов порядка  $10^8$  и точек счета поля порядка  $10^6$ . Установлено, что для плотностных моделей протяженностью порядка 1000x1000км и мощностью порядка 100км нужно учитывать «сферичность» при решении прямых и обратных задач гравиметрии, т.к. погрешность при не учете формы модели может превысить 5%.

Разработано пользовательское программное обеспечение для решения прямой задачи гравиметрии для эллипсоидальных моделей со встроенным преобразованием (из «плоской» модели в «сферическую»). Приложение использует современные технологии параллельных вычислений (Nvidia CUDA) и рассчитано для реализации на гетерогенных распределенных вычислительных системах (суперкомпьютерах), что позволяет производить вычисления для региональных плотностных моделей высокого разрешения. Исходные коды, исполняемые файлы и инструкции разработанного ПО доступны по свободной лицензии в сети Интернет.

Предложенный алгоритм и разработанное программное обеспечение применены для решения обратной задачи гравиметрии методом сопряженных градиентов. Введенная модификация целевого функционала позволяет с высокой точностью находить решение обратной задачи с использованием дополнительных априорных данных: модели начального приближения и распределения среднего значения плотности по глубине. Для «плоской» региональной плотностной модели, построенной в лаборатории

математической геофизики в результате решения линейной обратной задачи гравиметрии о наблюдаемому полю, было найдено уточненное решение с поправкой за сферичность.

В процессе работы над диссертацией Черноскутов А.И. освоил и применил инструментарий теории геофизического моделирования, численных методов и технологий высокопроизводительных вычислений, зарекомендовал себя как высококвалифицированный исследователь и программист, проявил высокую степень самостоятельности и инициативы.

Считаю, что диссертационная работа «Прямые и обратные задачи гравиметрии при построении трехмерных плотностных моделей земной коры с учетом формы планеты» в полной мере отвечает требованиям, предъявленным к кандидатским диссертациям, а ее автор, Черноскутов Александр Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

### Научный руководитель

заведующий лабораторией математической геофизики

ФГБУН Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН,

д. ф.-м. н., профессор, чл.-кор. РАН

01.07.2020



Мартышко Петр Сергеевич

Федеральное государственное бюджетное

учреждение науки Институт геофизики

им. Ю.П. Булашевича Уральского отделения

Российской академии наук

Адрес: 620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 100

Подпись *Мар*  
ЗАВЕРЯЮ

« 01 » 07

*Конаровский К*

