

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИВМиМГ СО РАН)**

Просп. Академика Лаврентьева, 6, Новосибирск, 630090
Тел.: (383)330-83-53, факс (383)330-87-83, e-mail: director@sscc.ru
ОКПО 03533843, ОГРН 1025403656420, ИНН/КПП 5408100025/540801001

03.04.2023 № 15301/1-01-27

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
«Институт вычислительной математики и
математической геофизики
Сибирского отделения Российской академии наук»
_____, к. н., профессор РАН
_____, М. А. Марченко
_____ 2023 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Иванова Дьулуса Харламповича
«Численные методы решения прямых и обратных задач гравиметрии»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.2.2. Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ

Диссертация Д.Х. Иванова посвящена разработке численных методов решения прямых и обратных задач гравиметрии.

Актуальность работы не вызывает сомнений, поскольку разработка эффективных методов решения задач гравиметрии является крайне важной для качественной и количественной интерпретации гравитационных наблюдений на поверхности Земли. Помимо этого, вносится вклад в решение коэффициентных обратных задач для дифференциальных уравнений в частных производных на основе использования эффективных методов вычислительной математики.

Научная значимость исследований состоит в том, что разработан новый вычислительный алгоритм расчета гравитационного поля, основанный на вычислении значений потенциала простого и двойного слоя с привлечением вспомогательной эллиптической краевой задачи с граничным условием третьего рода. Также представлен вычислительный алгоритм решения обратной задачи гравиметрии по восстановлению кусочно-постоянной правой части уравнения Пуассона по граничному условию переопределения.

Практическая значимость. Разработанные вычислительные алгоритмы решения прямых и обратных задач гравиметрии имеют прямое практическое применение не только в задачах гравиразведки, но и в других отраслях разведочной геофизики, например, электро- и магниторазведке.

Анализ содержания работы. Диссертация объемом 141 страниц состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и одного приложения. Работа содержит 100 рисунков и 14 таблиц, список литературы включает 155 наименований. Во **введении** дается краткий обзор исследуемой темы и ее место в современной науке, сформулированы основные положения диссертационной работы, новизна и результаты, выносимые на защиту. В **первой главе** проанализированы существующие численные алгоритмы решения прямой задачи гравиметрии, приводится вычислительная реализация метода расчета элемента гравитационного поля на основе вычисления объемного интеграла с использованием кубатурной формулы Гаусса и на основе решения краевой задачи для уравнения Пуассона в ограниченной области с помощью метода конечных элементов. Во **второй главе** предложен новый подход для расчета элементов гравитационного поля заданного тела на основе привлечения вспомогательной функции, удовлетворяющей решению краевой задачи для уравнения Пуассона в ограниченной области. Показано, что решение прямой задачи гравиметрии сводится к вычислению значений потенциала простого и двойного слоев, возможности предложенного метода продемонстрированы на ряде модельных трехмерных задач. **Третья глава** посвящена решению обратной задачи восстановления кусочно-постоянной правой части эллиптического уравнения по граничному условию переопределения. Предложен вычислительный алгоритм, в основе которого лежит решение вспомогательной и основной краевой задачи для эллиптических уравнений, а также минимизация функционала невязки между приближенными и наблюдаемыми данными. Проведено большое количество тестовых расчетов на двух- и трехмерных модельных задачах при точных и зашумленных данных переопределения. В **четвертой главе** рассматривается практическое применение разработанных алгоритмов из первой и третьей главы для решения обратной задачи гравиметрии по восстановлению области залегания аномальной неоднородности. Для приближения гравитационных наблюдений на дневной поверхности или в вертикальных скважинах решается краевая задача для уравнения Пуассона, для определения контура неизвестной области используется линия уровня вспомогательной функции. Возможности разработанного алгоритма в полной мере продемонстрированы расчетами на двух- и трехмерных модельных задачах.

Достоверность и степень обоснованности полученных диссертантом научных результатов обеспечивается корректным использованием современных методов математического моделирования и подтверждается результатами исследования на тестовых задачах, приближенных к реальным, с точными аналитическими решениями.

Полученные результаты диссертации докладывались на российских и международных конференциях и научных семинарах. Материалы по теме диссертации опубликованы в пяти научных работах в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК и международную систему цитирования Scopus, получено одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Автореферат полно и адекватно отражает содержание диссертационной работы.

Замечания по диссертации.

1. В 1.4 нет полного описания разработанного программного обеспечением [35], которое использовалось при решении задачи.
2. Стр. 73 обратная задача (3.1)-(3.3) сводится к восстановлению границы неизвестной области, на которой задана правая часть. Не очень понятно, известно ли значение постоянной правой части или нет. В описаниях численных расчетов это не описано. Можно ли применить разработанный алгоритм для случая переменной плотности? Если плотность задана неточно, как это может повлиять на восстановление границы области?
3. Как связан выбор параметра регуляризации γ с уровнем шума в данных?
4. Рисунок 3.13 значение функционала на 100 итерации для данных, заданных на левой и верхней части границы, меньше, чем для данных, заданных на всей области. Как это можно объяснить?
5. Как работает алгоритм для областей, для которых не выполняются достаточные условия единственности решения.
6. В 4.2 в векторе $\alpha(x)$ участвуют дельта-функции Дирака. Как аппроксимируются дельта-функции в численных расчетах и как это влияет на устойчивость алгоритма?
7. В списке цитируемой литературы не упомянуты работы В.В. Васина по гравиметрии.

Указанные недостатки не снижают достоинств работы, которая выполнена на высоком уровне и соответствует всем квалификационным требованиям.

Заключение. Считаем, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой и выполнена на высоком научном уровне. Диссертационная работа соответствует основным требованиям ВАК,

предъявляемым к кандидатским диссертациям, и п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Иванов Дьулус Харлампьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв подготовил доктор физико-математических наук, профессор РАН Шишленин Максим Александрович, заведующий лабораторией обратных задач естествознания Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН.

Я, Шишленин Максим Александрович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Заведующий лабораторией
обратных задач естествознания,
д.ф.-м.н., профессор РАН
Александрович

 Шишленин Максим

(тел. 8(383)330-61-67; адрес 630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 6;
e-mail: maxim.shishlenin@sscc.ru)

Подпись Шишленина Максима Александровича заверяю
Ученый секретарь ИВМиМГ СО
к. ф.-м. н.
Витальевна



 Вшивкова Людмила

03.04.2023

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМиМГ СО РАН)
630090, г. Новосибирск, пр-т Академика Лаврентьева, 6;
+7 (383) 330 83 53; director@sscc.ru; <https://icmmg.nsc.ru/>