

ОТЗЫВ

официального оппонента Булычева Андрея Александровича
на диссертацию Хохловой Валерии Васильевны
«Разработка методики редуцирования данных высокоточной гравirazведки с учетом
сферичности Земли»
по специальности 1.6.9 - Геофизика,
на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа Хохловой Валерии Васильевны посвящена совершенствованию методов обработки детальныx гравиметрических измерений с учетом сферичности Земли.

Актуальность исследований обусловлена тем, что современные гравиметрические наблюдения имеют как высокую аппаратурную (микроГальную) точность измерений, так и высокую точность плановых привязок гравиметрических пунктов. Совершенно очевидно, что такие точности требуют создания соответствующих алгоритмов и новых программных продуктов для извлечения наиболее полной информации из наблюдаемых гравиметрических данных. Одно из таких направлений – учет влияния сферичности Земли, чему собственно и посвящена настоящая диссертация.

В то же время, о чем не упоминается в диссертации, в настоящее время существуют базы, включая спутниковые наблюдения, высококачественных данных о гравитационном поле Земли. Помимо этого, спутниковыми методами уже в настоящее время получены “детальные” карты гравитационных полей земного спутника Луны и планеты Марс. Анализ этих полей в планетарном масштабе и выявление по ним глубинных структур, отвечающих за характер поведения аномального гравитационного поля, требует разработки алгоритмов, учитывающих тот факт, что эти данные представлены на сферической поверхности. Поэтому вопрос физической содержательности результатов, полученных автором диссертации на основе разработанных алгоритмов, является весьма актуальным.

Целью рассматриваемой работы явилось совершенствование методов обработки результатов полевых гравиметрических наблюдений на основе вычислительных процедур, использующих сферическую модель Земли, для увеличения точности определения аномалий силы тяжести в редукции Буге и повышения геологической информативности гравиметрической съемки. Также отмечу, что такие процедуры будут особенно важны для изучения полей планет с малым планетарным радиусом (Луна - 1738 км, Марс – 3389 км).

Для достижения этой цели автором был решен ряд задач, в число которых входили:

- Анализ существующих методов учета влияния сферичности Земли при редуцировании данных гравиметрической съемки и решении прямой задачи гравиразведки.

- Создание программно-алгоритмического обеспечения для вычисления гравитационных эффектов, обусловленных влиянием промежуточного слоя горных пород и рельефом местности в точках измерения силы тяжести, находящихся на сферической Земле.

- Разработка графа обработки результатов полевых гравиметрических наблюдений, учитывающего сферическую форму Земли.

- Оценка различий гравитационных аномалий в редукции Буге, рассчитанных с использованием плоской и сферической моделей Земли, на практических материалах.

- Создание новой вычислительной схемы расчета радиальной составляющей силы тяжести для сферического параллелепипеда на основе кубатурных формул и ее программная реализация.

- Моделирование гравитационных эффектов, обусловленных влиянием сферичности Земли при интерпретации материалов гравиметрической съемки.

Структурно диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы. Объем диссертации составляет 118 страниц, содержит 46 иллюстраций и 10 таблиц. Список цитируемой литературы включает 82 наименования.

В введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследований, а также защищаемые положения.

В первой главе, являющейся обзорной, формулируются общие подходы к задаче вычисления аномалий силы тяжести в редукции Буге. В этой главе приводятся общепринятые подходы, предлагаемые в «Инструкции по гравиразведке» (1980), основанные на решении этой задачи для случая «плоской земли», а также дается замечательный исторический обзор методов вычисления аномалий Буге с учетом сферичности Земли.

Глава 2 посвящена оценкам аномальных гравитационных эффектов от модельных тел с учетом и без учета сферичности Земли. Результаты, представленные в этой главе, убедительно показывают необходимость учета сферичности при решении интерпретационных задач высокоточной гравиметрической съемки.

В третьей главе диссертации предложена система обработки результатов гравиметрических наблюдений, учитывающих сферичность Земли. В этой же главе

приводятся обзор численных методов расчетов гравитационных эффектов от локальных объектов, представленных в сферической системе координат. В частности, к таким объектам относятся сферическая треугольная призма, сферический многогранник и сферический параллелепипед. В этой же главе автор предлагает новый и эффективный алгоритм расчета гравитационного эффекта от сферического параллелепипеда. Автором предложен “адаптивный алгоритм”, в основе которого лежат квадратурные формулы Гаусса-Лежандра для вычисления гравитационного эффекта от элементарного тела и итерационный цикл детализации исходного параллелепипеда набором таких тел.

Четвертая глава посвящена сравнению результатов, полученных с применением предлагаемого автором алгоритма обработки реальных гравиметрических данных с учетом сферичности Земли с результатами аналогичной обработки по стандартному графу (без учета сферичности).

В заключении автор формулирует основные полученные им результаты.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Таким образом, в работе сделан вывод о целесообразности учета сферичности Земли при вычислении аномалий силы тяжести в редукции Буге при крупномасштабных съемках. Автором представлен **новый** эффективный алгоритм вычисления гравитационного эффекта от сферических призм, с помощью которых аппроксимируется реальная модель рельефа, а также предложен граф обработки наблюдаемых гравиметрических данных с учетом сферичности Земли. **Актуальность и новизна** исследований обусловлены требованиями геологоразведочной отрасли и возросшими аппаратно-техническими возможностями гравиразведки. Это влечет за собой необходимость разработки усовершенствованных процедур редуцирования гравиметрических измерений, использующих более точные представления о форме Земли.

Основные научные результаты, полученные автором, сформулированы в виде защищаемых положений. **Степень достоверности и обоснованности защищаемых положений** достаточно высокая, все три положения вытекают непосредственно из полученных автором результатов сравнительного анализа вычислительных модельных экспериментов, сформулированы они достаточно аккуратно и не вызывают возражений.

В диссертации В.В. Хохловой корректно применены предлагаемые ей методы обработки аномальных гравитационных полей, полученные результаты снабжены примерами. Все упоминания о результатах иных исследователей снабжены соответствующими ссылками. В работе корректно размещены ссылки на работы автора и его соавторов.

В целом представленная работа интересна, она вносит существенный вклад в развитие методов обработки гравиметрических данных и расчета гравитационных аномальных полей. В то же время к этой работе можно предъявить несколько несущественных замечаний.

1. Как в первой, так и в третьей главах диссертации обсуждаются подходы вычисления поправки Буге с учетом сферичности Земли. И если в первой главе представлен исторический обзор развития этих методов, то в третьей главе основное внимание уделено аппроксимационным моделям и численным методам расчета гравитационного эффекта от этих моделей. Причем основное внимание уделено численным методам вычисления возникающих соответствующих интегралов с помощью кубатурных формул. В то же время существуют алгоритмы, основанные на аппроксимации сферического параллелепипеда, а в принципе и сложного рельефа местности, многогранником с постоянной плотностью. Такой подход в работе не упоминается.
2. Второе замечание следует из первого. При оценке точности вычисленных значений силы тяжести от модельных объектов сравнение происходит по результатам численных методов, основанных на кубатурных формулах. Представляло бы интерес сравнить результаты расчетов по независимым подходам – по кубатурным формулам и на основе представления сферического параллелепипеда многогранником.
3. Третье замечание касается оформления работы. Сразу же отмечу, что текст диссертации сопровождается прекрасными иллюстрациями, и мое замечание касается оформления таблиц. Некоторые заголовки таблиц располагаются на одной странице, а сами таблицы – на следующей (например, стр. 40 – 41, 42 – 43, 44 – 45).

Высказанные в отзыве замечания не снижают общей ценности работы. Диссертация Валерии Васильевны Хохловой выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и содержит решение важной для разведочной гравиметрии задачи расчета аномального эффекта от рельефа и от изолированных тел с учетом сферичности Земли. Диссертация написана автором самостоятельно и обладает внутренним единством. Хохлова В.В. докладывала результаты своих исследований на различных научных конференциях и имеет большое количество опубликованных работ по теме диссертации, причем 10 из них – в журналах из списка ВАК.

Диссертация отвечает требованиям, указанным в Постановлении Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 "О порядке присуждения ученых степеней" (с изменениями и дополнениями). Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.9 – Геофизика (технические науки), а также критериям ВАК.

Таким образом, соискатель Хохлова Валерия Васильевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 – Геофизика.

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

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор,
заведующий кафедрой геофизических методов исследования земной коры геологического факультета Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Булычев Андрей Александрович.



20 февраля 2023 г.

Контактные данные:

Тел.: 8 (495) 939 57 66, e-mail: aabul@geophys.geol.msu.ru, andrbul@geol.msu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:
04.00.12 – Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых (защита диссертации состоялась в 2000 г.)

Адрес места работы:

119234, Российская Федерация, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет
Тел.: 8 (495)939-29-70; e-mail: dean@geol.msu.ru

И.о.декана Геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,

чл.-корр. РАН




Н.Н. Еремин