

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата технических наук
Хохловой Валерии Васильевны на тему «РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РЕДУЦИРОВАНИЯ
ДАННЫХ ВЫСОКОТОЧНОЙ ГРАВИРАЗВЕДКИ С УЧЕТОМ СФЕРИЧНОСТИ ЗЕМЛИ»
по специальности 1.6.9 – Геофизика

Диссертационная работа Хохловой В. В. посвящена совершенствованию обработки и интерпретации результатов полевых гравиметрических наблюдений на основе вычислительных процедур, использующих сферическую модель Земли.

Дискуссии о целесообразности учета сферичности Земли ведутся на протяжении почти столетия, однако в последние десятилетия необходимость и возможность ее эффективного решения существенно выросли, что обусловлено расширением круга геологических задач, решаемых гравиразведкой и возросшими возможностями, связанными с измерительной аппаратурой и цифровыми технологиями обработки данных.

Разработка методики учета сферичности Земли при обработке и интерпретации данных высокоточной гравиразведки является своевременным и актуальным исследованием.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Во введении диссертации показана актуальность проблемы, сформулированы цели и задачи работы, ее научная новизна, отражена значимость результатов исследований.

В первой главе автор приводит стандартный граф обработки материалов гравиметрической съемки, а затем подробно рассматривает известные способы вычисления аномалий Буге на сферической Земле, при этом анализирует отечественные и зарубежные публикации начиная с 1936 года. Степень детальности выполненного обзора отражает его объем – шестая часть диссертационной работы. В заключении первой главы автор обосновывает необходимость использования сферической модели Земли при редуцировании данных полевых гравиметрических наблюдений.

Во второй главе приводится оценка различий применения плоской и сферической моделей Земли при количественной интерпретации материалов гравиразведки. Автор рассматривает различные варианты «плоских» и «сферических» моделей положения источников масс и оценивает погрешности вычисления радиальной и вертикальной составляющих

гравитационного поля, возникающие при вертикальном перемещении и при разных глубинах источников поля; рассчитывает статистические характеристики гравитационных эффектов, обусловленных влиянием сферичности Земли. Автор обоснованно предлагает использовать при гравитационном моделировании разность полей радиальной и вертикальной составляющих для одной и той же модели (сферической или плоской) в качестве оценки снизу влияния сферичности. В заключении второй главы приводятся модельные примеры искажений аномалий силы тяжести, обусловленных влиянием сферичности.

Результаты численного моделирования показали, что погрешности, возникающие при использовании плоской модели Земли, существенно превышают точность определения аномалий Буге при современных гравиметрических съемках, что может сказаться на результатах количественной интерпретации данных гравиметрии. Делается вывод, что на настоящем этапе развития практика проведения полевых гравиметрических работ диктует необходимость пересмотра существующих стандартов обработки гравиметрических данных. При этом опасения, связанные со сложностью решения прямых задач гравиметрии на сферической Земле, при современном уровне развития компьютерных технологий, нельзя считать обоснованными.

В третьей главе диссертационной работы рассматривается компьютерная система обработки результатов полевых гравиметрических наблюдений, учитывающая реальную форму Земли. Как и в первой главе, автор делает тщательный обзор существующих способов вычисления гравитационных эффектов для локальных объектов, реализованных в сферической системе координат, в том числе рассматривает пять методов вычисления гравитационного эффекта от сферического параллелепипеда, предложенных отечественными и зарубежными учеными.

Именно сферический параллелепипед используется в качестве аппроксимирующего тела в предлагаемым автором диссертации оригинальном способе решении прямой задачи гравиметрии с учетом сферичности Земли. Вычисление гравитационного эффекта сферических параллелепипедов выполняется на основе кубатурных формул Н.С. Бахвалова. Алгоритм численного интегрирования представляет собой итерационный процесс, в котором область интегрирования рекурсивно разбивается на кубы, число которых увеличивается с уменьшением расстояния до точки расчета. В диссертации приводятся результаты модельного эксперимента, которые показывают, что алгоритм обладает высокой точностью и скоростью вычислений.

В четвертой части третьей главы сформулированы основные элементы технологии учета гравитационного влияния топографических масс для шарообразной модели Земли.

В пятой части третьей главы рассматривается использование сферы Каврайского с целью повышения точности решения прямых задач гравиразведки. Показано, что пересчет из геодезических координат в сферические с помощью формул В.В. Каврайского, ведет к повышению точности определения планового положения всех объектов, не усложняя вычислений.

В четвертой главе приведены практические результаты редуцирования данных крупномасштабной гравиметрической съемки при проведении поисковых работ на интрузивном массиве Кондёр и мониторинговых исследованиях на Верхне- Камском месторождении калийных солей. При этом в обоих примерах сравниваются результаты обработки полевых материалов согласно «Инструкции по гравиразведке» и с помощью графа обработки, предложенного автором диссертационной работы.

В заключении подведены основные итоги диссертационного исследования: сформирована новая компьютерная технологии редуцирования полевых данных высокоточной гравиразведки, учитывающая близкую к реальной форму Земли.

Необходимость учёта сферичности Земли обосновывается теоретически и подтверждается выполненными модельными расчётами и практическими примерами.

Представленный автореферат диссертации соответствует диссертационной работе.

Целью работы стало совершенствование обработки результатов полевых гравиметрических наблюдений на основе вычислительных процедур, использующих сферическую модель Земли, с целью увеличения точности определения аномалий силы тяжести в редукции Буге и повышения геологической информативности гравиметрической съемки.

Автор поставила и решила ряд **научных задач**, обеспечивших достижения поставленной цели, среди которых можно отметить следующие.

1. Выполнен анализ существующих методов учета влияния сферичности Земли при редуцировании данных гравиметрической съемки и решении прямой задачи гравиразведки.
2. Разработано программно-алгоритмическое обеспечение для вычисления гравитационных эффектов, обусловленных влиянием промежуточного слоя горных пород и рельефом местности в точках измерения силы тяжести, находящихся на сферической Земле.

3. Создан граф обработки результатов полевых гравиметрических наблюдений, учитывающий сферическую форму Земли.

4. Выполнена оценка различий гравитационных аномалий в редукции Буге, рассчитанных с использованием плоской и сферической моделей Земли, на практических материалах.

5. Создана новая вычислительная схема расчета радиальной составляющей силы тяжести для сферического параллелепипеда на основе кубатурных формул и ее программная реализация.

6. Выполнено моделирование гравитационных эффектов, обусловленных влиянием сферичности Земли при интерпретации материалов гравиметрической съемки.

Цель работы и решенные научные задачи соответствуют современным тенденциям развития обработки и интерпретации данных гравиметрии, ориентированных на использование более точных представлений о форме Земли и позволяющих выполнять поиск геологических объектов, проявляющихся аномалиями слабой интенсивности.

В работе получены следующие **научные результаты**, вынесенные автором на защиту:

1. Создан граф обработки данных гравиметрической съемки, учитывающий шарообразную форму Земли, позволяющий существенно повысить эффективность метода гравиразведки при геокартировании, прогнозировании и поисках месторождений полезных ископаемых.

2. Доказана целесообразности использования более адекватных реальности представлений о форме уровенной поверхности при обработке и интерпретации материалов гравиразведки на основании количественной оценки аномальных эффектов, связанных с различиями плоской и сферической моделей Земли.

3. Разработан алгоритм расчета радиальной составляющей силы тяжести, обусловленной влиянием сферического параллелепипеда, базирующийся на применении кубатурных формул для вычисления тройного интеграла, характеризующийся высокой точностью и быстродействием

Новизна полученных результатов характеризуется следующими позициями:

Разработан алгоритм для более точного редуцирования данных гравиметрической съемки на шарообразной Земле, в котором впервые для перехода от геодезических координат к сферическим использована сфера Каврайского.

На основе практических данных высокоточных гравиметрических съемок выполнены численные оценки, подтверждающие значимые различия в аномалиях Буге, определенных в рамках плоской и сферической моделей Земли, амплитуда которых может существенно превышать точность современных гравиметрических съемок.

Разработана новая высокоточная скоростная схема вычисления радиальной составляющей силы тяжести для сферического параллелепипеда, основанная на адаптивном кубатурном алгоритме.

Предложен оригинальный способ оценки снизу влияния сферичности Земли при решении прямых и обратных задач гравиразведки на основе различия радиальной и вертикальной компонент гравитационного поля для единообразной («плоской» или «сферической») модели источников поля.

Разработана технология, позволяющая выполнять адекватную аппроксимацию рельефа местности для шарообразной модели Земли на основе алгоритма вычисления радиальной производной гравитационного потенциала для совокупности сферических параллелепипедов.

Диссертационная работа доказывает необходимость и демонстрирует возможность учета сферичности Земли при обработке и интерпретации данных гравиметрии.

Высокий научный уровень, тщательный анализ предшествующих исследований, грамотное теоретическое сопровождение, приведенные результаты модельных и практических примеров подтверждают **достоверность и обоснованность** полученных результатов.

Результаты научных исследований широко представлены – **опубликованы** в 37 печатных работах, 16 из которых в рецензируемых журналах, 10 – в научных изданиях, включенных ВАК в Перечень, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук. Автор неоднократно принимала участие с докладами на научных конференциях самого высокого уровня. Хохловой Валерией Васильевной получено свидетельство о государственной регистрации программы

Существенных недостатков работа не содержит, тем не менее, у оппонента имеются **следующие замечания**, сформулированные ниже:

1. В диссертационной работе Хохлова В.В. демонстрирует высокий уровень владения теорией и практикой численных методов, поэтому включение в диссертацию очевидных сведений, в которых сравнивается точность численного интегрирования предложенного автором способа с методом трапеций, априори имеющего малую точность, представляется

излишним.

2. В диссертации детально рассматриваются различные способы вычисления гравитационных эффектов локальных объектов в сферической постановке, однако не приводится четкой формулировки, в чем же преимущество предлагаемого метода по сравнению с работанными ранее.

3. В четвертой главе при описании результатов мониторинговых исследований на Верхне-Камском месторождении калийных солей приводится некорректное сравнение результатов обработки данных с использованием стандартного графа и предлагаемого автором: в одном случае гравитационное поле характеризуется диапазоном изменения значений поля в пределах участка от 2.72 мГал в 2018г. и 2.66 мГал в 2021г., а в другом, говорится, что гравитационная аномалия в редукции Буге с учетом сферичности земной поверхности характеризуется амплитудой от -0.20 до -2.94 мГал в 2018г. и от -0.29 до -2.97 мГал в 2021г. На рис. 4.12 не уточняется по каким именно данным (с учетом сферичности или нет) рассчитана динамическая аномалия силы тяжести за период 2018 – 2021 гг. Интерпретации аномалии только качественная, а во второй главе автор декларирует, тезис, что внесение погрешности, обусловленной влиянием сферичности Земли «в результаты обработки практически незаметно при выполнении качественной интерпретации». Преимущество учета сферичности в этом примере неявно.

Выводы

Диссертация Хохловой Валерии Васильевны содержит решение актуальной научной и практической задачи – совершенствование обработки и интерпретации результатов полевых гравиметрических наблюдений на основе вычислительных процедур, использующих сферическую модель Земли, с целью увеличения точности определения аномалий силы тяжести в редукции Буге и повышения геологической информативности гравиметрической съемки.

Диссертация написана самостоятельно, является завершенным научным исследованием, обладающим внутренним единством, содержит новые научные результаты, выдвигаемые на защиту, и свидетельствует о значимом личном вкладе автора в науку. Выводы и предложения, сделанные автором, на основе тщательного изучения проблемы, отработанные на модельных и практических примерах, могут стать веским аргументом в пользу необходимости изменения существующих инструкций о проведении высокоточных гравиметрических съемок.

Отмеченные замечания не умаляют достоинств диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, указанным в Постановлении Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 "О порядке присуждения ученых степеней", а ее автор, Хохлова Валерия Васильевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 1.6.9 – Геофизика.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент,

профессор кафедры геофизики геологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет»

МУРАВИНА Ольга Михайловна

10 февраля 2023 г

Контактные данные:

тел.: +7(473) 2-208-385, e-mail: muravina@geol.vsu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 25.00.10 - «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых».

Адрес места работы:

394018, РФ, г. Воронеж, Университетская площадь, д. 1,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный», геологический факультет, кафедра геофизики.

Тел.: +7(473) 2-208-385; e-mail: deanery@geol.vsu.ru



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ВГУ»)	
Подпись	<i>Муравиной О.М.</i>
Завещаю	начальник отдела кадров
	должность
	<i>О.И. Зверева</i> 10.02.23
	подпись
	цифровая подпись