

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 24.2.358.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23 марта 2023 г. протокол № 3.

О присуждении Хохловой Валерии Васильевне, гражданке РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка методики редуцирования данных высокоточной гравirazведки с учетом сферичности Земли» по специальности 1.6.9 – Геофизика принята к защите 22 декабря 2022 г, протокол заседания № 2, диссертационным советом Д 24.2.358.01, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»: 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15. Диссертационный совет создан приказом Минобрнауки России №853/нк от 12 июля 2022 г.

Соискатель, Хохлова Валерия Васильевна, 06 января 1992 года рождения. В 2013 году с отличием окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по специальности «Геофизика», квалификация – геофизик.

В настоящее время работает младшим научным сотрудником в лаборатории геопотенциальных полей «Горного института Уральского отделения Российской академии наук» - филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук ("ГИ УрО РАН"). Диссертация выполнена там же.

Научный руководитель – главный научный сотрудник Горного института Уральского отделения Российской академии наук (ГИ УрО РАН), доктор физико-математических наук Долгаль Александр Сергеевич.

Официальные оппоненты:

Булычёв Андрей Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой геофизических методов исследования земной коры геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (г. Москва),

Муравина Ольга Михайловна, доктор технических наук, профессор кафедры геофизики Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» (г. Воронеж)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН) (г. Москва) в своем положительном отзыве, подписанном заведующим лабораторией 502 Комплексной геодинамической интерпретации наземных и спутниковых данных Института физики Земли Российской академии наук, членом-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук Михайловым Валентином Олеговичем, указала, что диссертационная работа Хохловой Валерии Васильевны на тему «Разработка методики редуцирования данных высокоточной гравиразведки с учетом сферичности Земли» представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, в которой решена актуальная задача совершенствования обработки результатов полевых гравиметрических наблюдений на основе вычислительных процедур, использующих сферическую модель Земли.

Соискатель имеет 37 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 37 работ (из которых, в соавторстве – 28 объем научных изданий 68 листов), из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 16 работ. Имеется 1 свидетельство о регистрации программ для ЭВМ.

В работах, опубликованных соискателем ученой степени, в которых изложены основные научные результаты диссертации, недостоверных сведений, заимствований материалов или отдельных результатов без указания ссылок установлено не было.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Бычков С.Г., Симанов А.А., **Хохлова В.В.** Программная реализация современных процедур обработки гравиметрических данных в рамках информационно-аналитической системы «ГРАВИС» // Геоинформатика. 2015. -№2. – С. 24-32 (доля участия автора 35%).

2. **Хохлова В.В.** Учет сферичности Земли при обработке гравиметрических данных // Геофизика, 2015. -№5. – С. 59-64.

3. Долгаль А.С., Бычков С.Г., Симанов А.А., **Хохлова В.В.** Основные элементы технологии учета гравитационного влияния топографических масс для шарообразной Земли // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2015. № 4. – С. 40-46 (доля участия автора 25%).

4. Долгаль А.С., Костицын В.И., Пугин А.В., **Хохлова В.В.** Выбор модели Земли для трансформации аномалии силы тяжести в процессе региональных исследований // Геофизика. – 2022. – № 5. – С. 6-12 (доля участия автора 25%).

В изданиях, индексируемых в РИНЦ:

5. **Хохлова В.В.** Применение современных методов гравиметрического редуцирования (на примере ультрамафитового массива Кондёр) // Горное эхо. – 2021. – № 4 (85). – С. 83-86. – DOI: 10.7242/echo.2021.4.17.

6. Симанов А.А.**Хохлова В.В.** Разработка методики мониторинговых гравиметрических исследований для изучения карстовых процессов // Вестн. Перм. фед. исслед. центра. – 2021. – № 3. – С. 34-41. – DOI: 10.7242/2658-705X/2021.3.5 (доля участия автора 50%).

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:

7. Первичная обработка гравиметрических данных / **Хохлова В.В.** // Свидетельство о государственной регистрации № 2019613387 от 15.03.2019 М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности «Роспатент». 2019.

В работах, опубликованных соискателем ученой степени изложены основные научные результаты диссертации, не достоверных сведений, заимствований материалов или отдельных результатов без указания ссылок на авторов установлено не было.

На автореферат диссертации поступили 16 положительных отзывов, среди них 8 с замечаниями:

1. *Виноградов Владислав Борисович*, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» отмечает:

— Приведен только один пример расчета поправки за сферичность, а желательно привести 3-4, чтобы найти величину размеров площади, с которой поправка становится обязательной.

— Выражение (1) относится к гравитационному полю, а не силе тяжести, как указано во 2 защищаемом положении (стр.9).

— Подтверждение точности и быстродействию алгоритма расчета (2-е защищаемое положение, стр. 9) приведено после описания 3-го защищаемого положения на стр.13.

— В автореферате нет описания аналитической аппроксимации рельефа местности сферическими параллелепипедами и сферическими элементарными телами (стр.13). Последний термин следовало бы пояснить.

— На рис. 6 стр. 16 уравнение содержит переменные X и Y. Какое отношение они имеют к высоте и силе тяжести?

— По логике первое защищаемое положение должно быть вторым, а второе первым. Сначала описывают способ расчета, а затем его результаты.

2. *Гаченко Сергей Владимирович*, кандидат геолого-минералогических наук, руководитель департамента геоинформатики ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технических университет» отмечает:

— Остается вопрос критерия пороговой оценки целесообразности применения новой методики. Где проходит грань целесообразности

применения метода? Это погрешность съемки, амплитуда аномалий, линейные размеры участка или задачи исследования?

3. *Давыденко Александр Юрьевич*, доктор физико-математических наук, профессор кафедры динамической геологии ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет» отмечает:

— Приведенная на рис. 6 зависимость разности редукций от высоты рельефа характеризуется очень высоким значением коэффициента детерминации 0.996 и, следовательно, корреляции. Этот факт свидетельствует только о сходстве аномалий Буге, вычисленных для моделей «плоской» и «сферичной» Земли, но не о том, что модель с учетом сферичности значимо более корректна.

— На этом же рисунке линейная зависимость названа степенной, что в общем случае допустимо, но судя по систематическому отклонению точек в левой части кросс-плота вверх от линейной зависимости, аппроксимация линии регрессии могла бы быть улучшена за счет определения параметров модели реальной степенной зависимости.

4. *Лобанов Александр Михайлович*, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» отмечает:

— игнорирование вопроса редуцирования гравиметрических данных с учетом сферичности Земли, при проведении аэрогравиметрических съемок.

5. *Мартышко Петр Сергеевич*, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией математической геофизики ФГБУН «Институт геофизики им. Ю.В. Булашевича Уральского отделения Российской академии наук» отмечает:

— Основное замечание относится к результатам Главы 2 диссертационной работы. Картографическая проекция Гаусса-Крюгера проецирует на плоскость не часть поверхности цилиндра, а часть поверхности эллипсоида вращения. Также заметим, что погрешности V_r - V_z , возникающие при предложенном далее в главе 2 способе оценки погрешности за «сферичность» методом пробных источников, сильно зависят от глубины их залегания, а потому этот способ оценки несостоятелен. Неясно, какая глубина залегания пробных источников соответствует «настоящей» погрешности за «сферичность». Приведенные выше соображения не позволяют Рецензенту согласиться с утверждением Диссертанта: «Предложенные в диссертационной работе алгоритмы редуцирования гравиметрических данных на поверхности сферической Земли позволят перейти на качественно новый уровень обработки, повысить точность построения гравиметрических карт в редукции Буге и цифровых моделей поля, что увеличит вероятность обнаружения слабо контрастных и глубокозалегающих аномалиеобразующих объектов». Потому что оценки погрешности за сферичность при введении поправок в поле, приведенные Диссертантом, завышены (в силу указанных выше причин). Разработанный Диссертантом компьютерный алгоритм редуцирования гравиметрических данных на поверхности сферической Земли может быть рекомендован для

использования в производственных организациях только при внесении изменений в методику его применения.

— В диссертации описаны разработанные другими авторами 5 методов вычисления радиальной составляющей силы тяжести для сферического параллелепипеда, сравнение проведено только с одним из них (Старостенко В.И., Манукян А.Г., 1983г., т.е., в полной мере не проведен анализ существующих методов - одна из задач исследований). В описании одного из методов допущена существенная неточность: «Аппроксимация тессероида сферическими треугольниками. Фактически интегрирование происходит по треугольным граням и выражается в аналитическом виде. Предложен П.С. Мартышко и др. в 2019 году». На самом деле речь идет об алгоритме вычисления радиальной составляющей силы тяжести для сферического параллелепипеда, результаты применения алгоритма опубликованы в статье П.С. Мартышко с соавторами «Об учёте влияния сферичности Земли при трёхмерном плотностном моделировании».

— В диссертации не приведен полный обзор современного состояния исследований по теме диссертации. В частности, нет ссылок на публикации, содержание которых очень тесно связано с темой диссертации:

А) П.С. Мартышко с соавторами «Об Интерпретации гравитационных данных, измеренных на рельефе».

В) Chernskutov, A. I., and D. D. Byzov, GRAFEN vO.1 -Gravity Field Ellipsoidal Density Model Numerical Computations for CUDA-Enabled Distributed Systems, <https://github.com/charlespwd/project-title>, 2019.

6. *Мотрюк Екатерина Николаевна*, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой высшей математики ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет» отмечает:

— В работе не сказано, важно ли учитывать сферичности Земли при локальных исследованиях, в таблице 4 автореферата имеется опечатка, несоответствие данных последней строки первым двум.

7. *Нургалиев Денис Карлович*, доктор геолого-минералогических наук, проректор по направлениям нефтегазовых технологий, природопользования и наук о Земле и *Огнев Игорь Николаевич*, старший преподаватель НОЦ «Моделирование ТРИЗ» ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» отмечают:

— не рассмотрен вопрос о целесообразности внесения поправки за сферичность Земли при разных масштабах геофизических съемок. Очевидно, что при уменьшении масштаба съемки возрастает величина ошибки при неучете сферичности. Однако, не показано при каких масштабах такой ошибкой можно пренебречь.

8. *Рашидов Владимир Александрович*, кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФГБУН «Институт вулканологии и сейсмологии Дальневосточного отделения Российской академии наук» отмечает:

— Имеется ряд замечаний редакторского характера: нет единообразия в подрисуночных подписях и ссылках на литературные источники; в списке литературы подразделы написаны со строчной буквы; на рис. 6 следовало бы изменить местоположение осей;

— В разделе «Практическая значимость исследований» приведена теоретическая значимость исследований;

Отзывы без замечаний прислали:

1. *Арсанукаев Зайнды Зиявдиевич*, доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшая математика ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»;

2. *Егоров Алексей Сергеевич*, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедры геофизики и *Сенчина Наталия Петровна*, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»;

3. *Исаев Валерий Иванович*, доктор геолого-минералогических наук, профессор Отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

4. *Казаис Владимир Исаакович*, кандидат геолого-минералогических наук, главный геолог АО «Таймыргеофизика», заслуженный геолог России и *Кушнир Денис Григорьевич*, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий геофизик АО «Таймыргеофизика».

5. *Кризский Владимир Николаевич*, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики и компьютерных технологий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»;

6. *Муравьев Лев Анатольевич*, кандидат технических наук, заведующий лабораторией региональной геофизики ФГБУН «Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН»;

7. *Орехов Александр Николаевич*, кандидат геолого-минералогических наук, директор ООО «Гео Сервис»;

8. *Шестаков Алексей Федорович*, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт геофизики им. Ю.П. УрО РАН»;

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается общностью тематики и объекта исследования: Институт физики Земли является крупнейшим центром мировой и отечественной геофизики, осуществляющим широкий круг фундаментальных и прикладных исследований, известен своими работами в области гравиметрии, в частности определении различных поправок при редуцировании гравиметрических наблюдений; Булычёв А.А. является специалистом по изучению тектоносферы по геофизическим данным и по созданию математического обеспечения для интерпретации данных гравиразведки и магниторазведки в Российской Федерации; Муравина О.М. – специалист в области моделирования глубинного геологического строения по аномалиям силы

тяжести, решению прямых и обратных задач гравиразведки в Центральном Федеральном округе.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

проведена оценка погрешностей определения аномалий силы тяжести, возникающих при игнорировании сферообразной формы Земли;

разработана методика редуцирования данных полевых гравиметрических наблюдений с учетом сферичности Земли;

предложен эффективный численный метод вычисления радиальной составляющей силы тяжести сферического параллелепипеда;

представлена оценка снизу влияния кривизны Земли при решении прямых задач гравиразведки, представляющая собой разность между вертикальной и радиальной составляющими силы тяжести для одних и тех же источников поля;

впервые в области гравиразведки **использована** сфера Каврайского для перехода от геодезических координат к сферическим при минимальных искажениях расстояний и углов;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана целесообразность учета сферичности Земли при обработке гравиметрических наблюдений и решении прямых задач гравиразведки для больших территорий, особенно, в районах с сильно расчлененным рельефом местности;

разработан алгоритм вычисления радиальной составляющей силы тяжести для сферического параллелепипеда, базирующийся на адаптивном численном интегрировании функции трех переменных;

предложена модернизация алгоритмов и технологии вычисления топографических поправок и расчета аномалии силы тяжести в редукции Буге для сферообразной Земли.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

Предложенный в диссертации граф обработки полевых гравиметрических данных, учитывающий сферическую форму Земли и реализующее его программное обеспечение, могут применяться для камеральной обработки результатов наземных гравиметрических наблюдений. Его использование повышает точность построения гравиметрических карт и цифровых моделей поля в редукции Буге, что увеличивает вероятность обнаружения слабоконтрастных и глубокозалегающих аномалиеобразующих объектов методом гравиразведки.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **представленные** в диссертации данные полевых гравиметрических наблюдений получены автором с помощью современной высокоточной сертифицированной аппаратуры.

- **теория** построена на известных физических закономерностях и математических выражениях.

- **установлено**, что авторские результаты, полученные с помощью созданного программно-алгоритмического обеспечения, хорошо согласуются с аналитическими решениями и с имеющимися результатами других исследователей, связанными с проблемой учета влияния сферичности Земли в гравиразведке.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

Соискатель проанализировал и обобщил большой объем информации по теме исследований. Автор принимал участие в разработке вычислительных схем, технологий и методик; написании программ в среде объектно-ориентированного программирования Delphi 7.0. При непосредственном участии автора проведены полевые гравиметрические исследования и камеральная обработка наблюдений. Автор являлся руководителем гранта РФФИ №18-35-00299 мол_а по теме «Разработка методов решения прямой задачи гравиразведки на сферической Земле».

В ходе защиты были высказаны критические замечания, касающиеся отсутствия четких критериев определения условий применения новой методики редуцирования данных полевых гравиметрических наблюдений. К этим критериям относятся масштаб исследований, линейные размеры участка, погрешность съемки, амплитуда аномалий и т.п.

Соискатель согласился с замечаниями и аргументировал отсутствие этих критериев пока небольшим опытом практического использования предлагаемой методики.

На заседании 23 марта 2023 года диссертационный совет принял решение за решение научной задачи по совершенствованию методики редуцирования данных высокоточной гравиразведки, повышающее геологическую информативность гравиметрической съемки, имеющей существенное значение для геологии и разведки недр Российской Федерации присудить **Хохловой Валерии Васильевне** учёную степень кандидата технических наук

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 10 докторов наук по специальности 1.6.9 – Геофизика (технические науки), участвовавших в заседании, из 11 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 10; против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета Д 24.2.358.01,
доктор технических наук,
профессор



В.И. Костицын

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 24.2.358.01,
доктор геолого-минералогических наук,
доцент



П.А. Красильников

23 марта 2023 г.