

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.25  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО  
ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА»,  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «29» марта 2016 г., протокол № 3

**О присуждении Мисилову Владимиру Евгеньевичу,  
гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-  
математических наук.**

Диссертация «Итерационные методы и параллельные алгоритмы решения нелинейных обратных задач гравиметрии и магнитометрии» по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 24.01.2017 г., протокол № 2, диссертационным советом Д 212.285.25 на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Министерство образования и науки Российской Федерации, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; созданным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 760/нк от 03.12.2012 г.

**Соискатель** Мисилов Владимир Евгеньевич, 1988 года рождения, в 2010 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»; в 2012 году окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования

«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»; в 2015 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук; работает в должности младшего научного сотрудника Отдела некорректных задач анализа и приложений в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук, Федеральное агентство научных организаций.

Диссертация выполнена в Отделе некорректных задач анализа и приложений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук, Федеральное агентство научных организаций.

**Научный руководитель** — доктор физико-математических наук, доцент **Акимова Елена Николаевна**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук, Отдел некорректных задач анализа и приложений, ведущий научный сотрудник.

#### **Официальные оппоненты:**

**Танана Виталий Павлович**, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (г. Челябинск), Высшая школа электроники и компьютерных наук, кафедра вычислительной математики и высокопроизводительных вычислений, профессор;

**Долгаль Александр Сергеевич**, доктор физико-математических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Горный институт Уральского отделения Российской академии наук (г. Пермь), лаборатория геопотенциальных полей, главный научный сотрудник;

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук** (г. Новосибирск), в своем **положительном** отзыве, подписанном Имомназаровым Холматжоном Худайназаровичем, доктором физико-математических наук, исполняющим обязанности заведующего Лабораторией математических задач геофизики, Мартыновым Валерием Николаевичем, старшим научным сотрудником Лаборатории численного моделирования сейсмических полей, указала, что диссертация в целом представляет собой законченный этап научного исследования, посвященного решению актуальных задач в применении к практически важным геофизическим моделям. Достоверность результатов подтверждается хорошо согласующимися между собой многочисленными вычислительными экспериментами, проведенными различными методами. Разработанные в диссертационной работе и апробированные в расчетах параллельные алгоритмы могут быть эффективно использованы при численном решении ряда прикладных задач, описываемых интегральными уравнениями с другими ядрами. С учетом научной и практической значимости полученных автором результатов, диссертационная работа В. Е. Мисилова «Итерационные методы и параллельные алгоритмы решения нелинейных обратных задач гравиметрии и магнитометрии» соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Соискатель имеет 23 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 19 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях — 10. Другие публикации по теме диссертационной работы представлены в виде 7 статей в сборниках трудов международных конференций и 2 тезисов

докладов, опубликованных в сборниках всероссийских научно-практических конференций.

Общий объем — 8,22 п. л. / 3,83 п. л. — авторский вклад.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

### **Наиболее значительные работы:**

### **Статьи в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК и баз SCOPUS и Web of Science:**

1. Акимова Е. Н., Белоусов Д. В., **Мисиллов В. Е.** Алгоритмы решения обратных геофизических задач на многопроцессорных вычислительных системах // Сибирский журнал вычислительной математики. 2013. Т. 16, № 2. С. 107–121. (0,9 п.л./0,3 п. л.)
2. Акимова Е. Н., Мартышко П. С., **Мисиллов В. Е.** Алгоритмы решения структурной задачи гравиметрии в многослойной среде // Доклады Российской академии наук. 2013. Т. 453, № 6. С. 676-679. (0,2 п.л./0,12 п. л.)
3. Акимова Е. Н., Васин В. В., **Мисиллов В. Е.** Алгоритмы решения обратных задач гравиметрии о нахождении поверхностей раздела сред на многопроцессорных вычислительных системах // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18, № 2(63). С. 208-217. (0,5 п.л./0,3 п. л.)
4. Акимова, Е. Н., **Мисиллов В. Е.**, Скурыдина А. Ф. Параллельные алгоритмы решения структурной обратной задачи магнитометрии на многопроцессорных вычислительных системах // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18, № 4(65). С. 206-215. (0,6 п.л./0,25 п. л.)
5. Акимова, Е. Н., **Мисиллов, В. Е.**, Скурыдина, А. Ф., Третьяков, А. И. Градиентные методы решения структурных обратных задач гравиметрии и магнитометрии на суперкомпьютере «Уран» // Вычислительные методы и программирование: Новые вычислительные технологии (Электронный научный журнал). 2015. Т. 16, вып. 1. С. 155–164. (0,6 п.л./0,2 п. л.)

6. Мартышко П. С., Акимова Е. Н., **Мисилов В. Е.** О решении структурной обратной задачи гравиметрии модифицированными методами градиентного типа // Физика Земли. 2016. № 5. С. 82–86. (0,25 п.л./0,15 п. л.)
7. Martyshko P. S., Ryankov V. A. Akimova E. N., Vasin V. V., **Misilov V. E.** On solving a structural gravimetry problem on supercomputer «Uran» for the Bashkir Predural's area [Электронный ресурс] // Proceedings of 12th International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects. Kiev, Ukraine. 2013.  
URL:<http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=68121>  
(дата обращения: 19.12.2016). (0,25 п.л./0,07 п. л.)
8. Akimova E.N., Martyshko P.S., **Misilov V.E.** Parallel algorithms for solving structural inverse magnetometry problem on multicore and graphics processors // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2014. Vol. 3, Iss. 2. P. 713–720. (0,5 п.л./0,3 п. л.)
9. Akimova E.N., Martyshko P.S., **Misilov V.E.** A fast parallel gradient algorithm for solving structural inverse gravity problem [Электронный ресурс] // AIP Conference Proceedings. 1648. 850063. 2015. Rhodes, Greece, 22–28 Sept. 2014. URL: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4913118> (дата обращения: 19.12.2016). (0,5 п.л./0,3 п. л.)
10. Akimova E.N., **Misilov V. E.**, A fast componentwise gradient method for solving structural inverse gravity problem // International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2015. Vol. 3, Iss. 1. P. 775-781. (0,4 п.л./0,3 п. л.)

#### **Другие публикации:**

11. Akimova E.N., **Misilov V.E.**, Tretyakov A.I. Regularized methods for solving nonlinear inverse gravity problem [Электронный ресурс] // 15th EAGE International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects (EAGE, Kiev, 2016).

URL:<http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=84559>

(дата обращения: 19.12.2016). (0,25 п.л./0,1 п. л.)

12. **Misilov V. E.**, On solving the structural inverse magnetic problem of finding a contact surface in the case of arbitrary directed magnetization [Электронный ресурс] // 15th EAGE International Conference on Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects (EAGE, Kiev, 2016).

URL: <http://earthdoc.eage.org/publication/publicationdetails/?publication=84574>

(дата обращения: 19.12.2016). (0,25 п.л.)

На автореферат поступило 4 **положительных** отзыва:

1. Д. ф.-м. н., профессор **Ягола Анатолий Григорьевич**, профессор кафедры математики физического факультета, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова». Отзыв **замечаний не содержит**.

2. Д. ф.-м. н. **Прохоров Игорь Васильевич**, заместитель директора по научной работе, ФГБУН Институт прикладной математики ДВО РАН (г. Владивосток). Отзыв содержит следующие **замечания**:

Автор обходит стороной вопросы обоснования сходимости предложенных итерационных процедур, упоминая лишь известные результаты о сходимости некоторых частных аналогов. В автореферате имеются опечатки и стилистические огрехи.

3. Д. т. н., академик РАН **Эпов Михаил Иванович**, директор, и д. ф.-м. н., доцент **Глинских Вячеслав Николаевич**, заведующий лабораторией скважинной геофизики, ФГБУН Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН (г. Новосибирск). Отзыв содержит следующие **замечания**:

Указано, что выполнено всестороннее тестирование на модельных примерах и алгоритмы апробированы на реальных экспериментальных данных. Однако в автореферате не приведены соответствующие тестовые примеры. Также отмечено, что численными экспериментами показано значительное сокращение времени вычислений по сравнению с традиционными методами.

При этом в автореферате не даны характеристики достигнутого быстродействия и производительности.

4. К.ф.-м. н., доцент **Цымблер Михаил Леонидович**, начальник отдела интеллектуального анализа данных и виртуализации, Лаборатория суперкомпьютерного моделирования, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (г. Челябинск). Отзыв содержит следующие **замечания**:

В автореферате содержанию главы 3, в которой описаны параллельные алгоритмы и комплекс программ на их основе, разработанные автором, уделено существенно меньше внимания по сравнению с описанием содержания других глав. Описание разработанного автором комплекса параллельных программ выполнено в автореферате исключительно словесно, было бы желательно сопроводить текст диаграммами UML. Результаты проведенных диссертантом вычислительных экспериментов, исследующих разработанные алгоритмы, не нашли отражения в автореферате в виде графиков или диаграмм. В проведенных вычислительных экспериментах диссертант исследует ускорение программ. Желательно также провести эксперименты, исследующие расширяемость — способность программы сохранять производительность при соразмерном увеличении объема данных задачи и количества ядер вычислительной системы. При проведении экспериментов на исследование ускорения программ автор ограничивается случаем, когда максимальное количество задействованных нитей совпадает с количеством физических ядер процессора. В то же время современные процессоры поддерживают технологию гиперпоточности (hyperthreading) и было бы желательно дополнить проведенные эксперименты случаями, когда на физическом ядре процессора запускается более чем одна нить.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организация** обосновывается их высокой квалификацией, компетентностью и широкой известностью в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ, наличием большого количества публикаций по тематике

диссертации и способностью определить научную и практическую значимость работы.

**Диссертационный совет отмечает**, что работа соответствует п. 3 (Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий), п. 4 (Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента), п. 6 (Разработка новых математических методов и алгоритмов проверки адекватности математических моделей объектов на основе данных натурального эксперимента) паспорта специальности 05.13.18 — Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

**Диссертационный совет отмечает**, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие основные результаты:

***В области математического моделирования:***

Исследованы обратные задачи гравиметрии и магнитометрии о восстановлении поверхностей раздела для случаев многослойных сред со слоями постоянной плотности либо вертикально направленной намагниченности. Исследована обратная задача магнитометрии о восстановлении поверхности раздела слоев постоянной намагниченности для двуслойной среды по значениям магнитного поля, разности намагниченности слоев и глубины залегания асимптотической плоскости для случая произвольно направленных векторов намагниченностей слоев. Модели представляют собой нелинейные интегральные уравнения первого рода с приближенно заданной правой частью.

***В области численных методов:***

Построены новые экономичные итерационные методы решения нелинейных уравнений трехмерных структурных обратных задач гравиметрии и магнитометрии о восстановлении одной поверхности раздела сред:



регуляризованные варианты линеаризованного метода сопряженных градиентов и покомпонентного градиентного метода. На основе линеаризованного метода сопряженных градиентов построен алгоритм решения структурной обратной задачи магнитометрии о восстановлении поверхности раздела для случая произвольно направленного вектора суммарной намагниченности. Для решения структурных обратных задач о нахождении нескольких поверхностей раздела сред предложен и исследован оригинальный алгоритм, основанный на применении построенных градиентных методов с переменными весовыми множителями: методов наискорейшего спуска и минимальной ошибки, модифицированных методов наискорейшего спуска и сопряженных градиентов.

***В области программного обеспечения и комплексов программ:***

Разработан комплекс параллельных программ решения структурных обратных задач гравиметрии и магнитометрии о нахождении поверхностей раздела сред с реализацией на многоядерных процессорах. Разработанные алгоритмы и параллельные программы протестированы на построенных модельных задачах и задачах на основе реальных данных. Разработанный комплекс программ был применен для решения структурных обратных задач гравиметрии в рамках модели четырехслойной среды по реальным гравитационным данным восточной части Среднего Урала.

**Теоретическая значимость** исследований обоснована тем, что:

**применительно к тематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы** методы математического моделирования, методы численной оптимизации, методы решения обратных и некорректных задач;

**изложены** постановки рассматриваемых в работе структурных обратных задач гравиметрии и магнитометрии о нахождении поверхностей раздела слоев для модели однородно-слоистой среды, в том числе структурной обратной задачи магнитометрии о нахождении поверхности раздела слоев для случая произвольно направленного вектора суммарной намагниченности;

**проведена модификация** нелинейного метода сопряженных градиентов, основанная на использовании линейного приближения нелинейного оператора для нахождения шагового параметра на каждой итерации и введении демпфирующего множителя и параметра регуляризации; модификация линейризованных градиентных методов наискорейшего спуска, минимальной ошибки и сопряженных градиентов, основанная на введении переменных весовых множителей;

**построен** покомпонентный градиентный метод решения нелинейных уравнений особого вида, основанный на свойствах интегральных операторов задач гравиметрии и магнитометрии.

**Значение** полученных соискателем результатов исследований **для практики** подтверждается тем, что:

**разработаны** экономичные алгоритмы численного решения нелинейных уравнений структурных обратных задач гравиметрии и магнитометрии о нахождении поверхностей раздела слоев для модели однородно-слоистой среды, в том числе алгоритм решения структурной обратной задачи магнитометрии о нахождении поверхности раздела слоев для случая произвольно направленного вектора суммарной намагниченности;

**создан** программный комплекс для многоядерных процессоров, реализующий разработанные методы и алгоритмы численного решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии;

**представлены** результаты работы программного комплекса по решению тестовых задач с модельными данными и задач на основе реальных данных для сеток большой размерности; даны практические рекомендации по использованию алгоритмов и программ для различных классов задач.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, в достаточном объеме прошли апробацию на международных конференциях и семинарах.

**Оценка достоверности результатов** исследований выявила:

**теория** построена с привлечением апробированных математических методов решения обратных и некорректных задач;

**установлена** согласованность результатов вычислительных экспериментов, полученных с использованием различных методов;

**использованы** математические модели, адекватные физико-геологической реальности, использованы современные технологии параллельного программирования и современные вычислительные системы.

**Личный вклад соискателя состоит** в исследовании расширенной постановки задачи магнитометрии для произвольно направленных векторов намагниченности слоев; предложении оригинального подхода для решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии в случае модели многослойной среды; разработке численных методов и параллельных алгоритмов решения обратных задач гравиметрии и магнитометрии; реализации программного комплекса на многоядерных процессорах; личном участии в апробации результатов исследований; подготовке основных публикаций по выполненной работе. Диссертация является самостоятельной работой, обобщающей результаты, полученные лично автором.

Диссертационная работа Мисилова В. Е. является научно-квалификационной работой, которая соответствует критериям, установленным п.п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а именно, содержит решения научной задачи о построении методов и алгоритмов решения нелинейных уравнений применительно к нелинейным обратным задачам гравиметрии и магнитометрии. Решение этой задачи имеет существенное значение для развития физико-математических и геолого-минералогических наук. Работа соответствует Приоритетному направлению развития науки, технологии и техники в РФ «6. Рациональное природопользование» и Критической технологии РФ «18. Технологии и

программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем».

На заседании 29 марта 2017 г. диссертационный совет **принял решение присудить** Мисилову Владимиру Евгеньевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 18 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» — 18, «против» — нет, недействительных бюллетеней — нет.

Председатель

диссертационного совета

Арестов Виталий Владимирович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Пименов Владимир Германович

29 марта 2017 г.