

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт»



К.Т.М.Н.

П.Н. Мельников

Шоня 2023 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт» на результаты исследований соискателя учёной степени кандидата технических наук Мицына Сергея Валерьевича

Исследования на тему «Геоинформационный метод объёмного моделирования глубинного строения территории на основе данных геопотенциальных полей» проведены в отделении геоинформатики ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт» Федерального агентства по недропользованию.

В период исследований для подготовки диссертации соискатель Мицын Сергей Валерьевич являлся сотрудником отделения геоинформатики ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт».

Мицын Сергей Валерьевич в 2007 г. получил степень бакалавра техники и технологии по направлению «Информатика и вычислительная техника» и в 2009 г. — степень магистра техники и технологии по направлению «Системный анализ и управление», специализация «Теория и математические методы системного анализа и управления в технических системах», в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Университет «Дубна» (Государственный университет «Дубна»).

Справка № 383 от 12 февраля 2018 г. об обучении в очной аспирантуре и успешной сдаче кандидатских экзаменов с оценкой «Отлично» выдана Государственным университетом «Дубна» по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации».

Научный руководитель — доктор технических наук Финкельштейн Михаил Янкелевич, заведующий отделом 3D моделирования геолого-геофизических объектов отделения геоинформатики ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт».



**По итогам обсуждения принято следующее заключение:**

**Оценка выполненной соискателем работы.**

Диссертационная работа «Геоинформационный метод объёмного моделирования глубинного строения территории на основе данных геопотенциальных полей» Мицына Сергея Валерьевича является законченной научно-квалификационной работой, отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.20 — «Геоинформатика, картография (технические науки)».

**Актуальность темы определяется следующим.**

Решение задач устойчивого экономического развития Российской Федерации невозможно без обеспечения народного хозяйства полезными ископаемыми. В настоящее время в связи с истощением приповерхностных месторождений полезных ископаемых требуется освоение, включающее обнаружение и исследование, новых глубинных месторождений. Глубинность залегания полезных ископаемых требует построение трёхмерных глубинных моделей территорий. Адекватная трёхмерная глубинная модель территории позволяет повысить точность предсказания наличия полезных ископаемых, их локализации, и уточнение оценки трудозатрат по их добыче.

Геолого-геофизическое моделирование строения территории напрямую связано с геопространственным представлением исследуемых геологических образований. Геологические объекты координированы, то есть расположены на определённой глубине под конкретным участком поверхности Земли, и координированы относительно других геообъектов. Таким образом, они являются объектом геоинформационного моделирования.

На региональном этапе изучения новых перспективных территорий, когда их охват буровыми и сейсмическими работами еще недостаточен для построения адекватных физико-геологических моделей, большую роль для оптимизации направлений поиска и проведения прогнозных построений играют материалы дистанционного зондирования Земли – гравитационной и магнитной съёмок, имеющиеся для весьма значительной части площади страны, по крайней мере, в мелких и средних масштабах. С использованием данных этих геопотенциальных полей возможно построение объёмных моделей и определение соответствующих физических параметров. Таким образом, развитие методов и компьютерных технологий трёхмерного моделирования, учитывающего гравитационное и магнитное поле.

Наиболее значительная часть территории России покрыта съёмками геопотенциальных полей масштаба 1:200 000. Данные съёмок проходят первичную обработку и в результате представляются в виде аномальных полей, заданных на регулярной двумерной прямоугольной сетке. Аномальные поля определяются неравномерностью распределения физического параметра под дневной поверхностью и позволяют локализовать геообъекты и оценить их свойства.

В практике решения задач трёхмерного моделирования глубинного строения территории важную роль играет интегрированность методов,



алгоритмического, программного обеспечения и полученных на их основании моделей в единой геоинформационной среде. В настоящее время в ФГБУ ВНИГНИ функционирует программный комплекс ГИС INTEGRO [1; 2], разработанный коллективом сотрудников организаций. Этот программный комплекс предназначен для геоинформационной поддержки решения геологических задач. Одной из таких задач является построение трёхмерных глубинных моделей территории по комплексу геолого-геофизических данных. Диссертационная работа посвящена разработке методического и алгоритмического обеспечения для геоинформационного трёхмерного моделирования глубинного строения территории на основе обработки данных геопотенциальных полей.

Это доказывает актуальность исследования *научной задачи* создания трёхмерных моделей глубинного строения территорий на основе анализа геопотенциальных полей. Поэтому *цель исследования*, сформулированная как «создание методического и алгоритмического обеспечения для геоинформационного объёмного моделирования глубинного строения территории на основе данных геопотенциальных полей», является актуальной и своевременной и имеет существенное научное и практическое значение.

#### **Личный вклад автора.**

Соискатель самостоятельно выполнил теоретический анализ методов обработки геопотенциальных полей, выполнил их модернизацию, заключающуюся в разработке методик, и разработал алгоритмическое и программное обеспечение, реализующее разработанные методики, на языке программирования C++. Автор принимал активное участие в разработке методического и технологического обеспечения решения обратных задач на основе разработанных методик: в разработке вычислительных схем и графов; тестировании и испытании на модельных и практических примерах; разработке методического обеспечения на основе разработанного программного обеспечения. Разработанное программное обеспечение интегрировано автором в ГИС INTEGRO.

**Достоверность результатов проведённых исследований** обеспечивается следующим:

Методика и программное обеспечение для пересчёта сеточных моделей полей в эквивалентные распределения физического параметра на основе метода Приезжева обоснованы тщательным анализом корректности переноса результатов, основанных на непрерывных преобразованиях Фурье, на дискретные преобразования Фурье и сеточные модели поля и среды.

Достоверность всех изложенных результатов подтверждается многочисленными численными экспериментами, проведенными с использованием модельных ситуаций.

Кроме того, достоверность полученных результатов подтверждается успешной апробацией разработанного программного обеспечения на различных технологических этапах трёхмерного моделирования территории при выполнении государственного задания ФГБУ «ВНИГНИ», включая Енисей-Хатангский региональный прогиб, Предуральский прогиб, зону



сочленения Волго-Уральской антеклизы и Тимано-Печёрской плиты, Астраханский свод, Прикаспийскую впадину, Жигулёвско-Пугачёвский свод Волго-Уральской антиклизы, зону сочленения Байкитской антиклизы и Курейской синеклизы и др.

При решении поставленных в работе задач получены следующие **результаты, выносимые на защиту:**

1. Методика и алгоритмическое обеспечение решения обратных гравимагнитных задач на основе дискретного преобразования Фурье обеспечивает корректное распространение метода Приезжева на поля, заданные в виде дискретных сеток. Метод допускает параметризацию, позволяющую получать модели физической среды, согласующиеся с априорными данными и отвечающие исходному полю.

2. Методика экстраполяции потенциальных полей обеспечивает периодичность и непрерывность продолжения поля и его первых производных, что позволяет подавить краевые эффекты при применении методов инверсии, основанных на дискретных преобразованиях Фурье.

3. Методика и алгоритмическое обеспечение решения обратных гравимагнитных задач на основе монтажного метода использует механизм приоритетов и групповые операции, чем достигается возможность построения моделей сложнопостроенных сред на персональных компьютерах.

**Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:**

1. Разработана методика инверсии геопотенциальных полей на основе метода Приезжева, переносимая его на дискретные сеточные модели, обеспечивающая полную эквивалентность инверсии соответствующему ей полю и допускающая параметризацию, позволяющую подбирать модель под имеющиеся априорные данные.

2. Разработана новая методика экстраполяции полей, заданных на сетке, обеспечивающая непрерывность поля, его первых производных и периодичность поля.

3. Создана новая методика на основе монтажного метода, позволяющая строить содержательные модели среды, а также использующая групповые операции для ускорения вычислений и позволяющая строить модели без использования больших вычислительных ресурсов.

**Практическая значимость работы** заключается в её направленности на решение задачи геоинформационного моделирования глубинного строения территорий в условиях недостаточности скважинных и сейсмических данных, актуальной для организаций геологической отрасли.

**Практическая ценность работы** состоит в том, что разработанные методики и программное обеспечение для обработки сеточных моделей геофизических полей позволяют повысить точность построения трёхмерных геофизических и геологических моделей территорий.

**Соответствие паспорту специальности.** Полученные научные результаты диссертационного исследования соответствуют паспорту



специальности 1.6.20 — «Геоинформатика, картография (технические науки)» по следующим пунктам:

П.7. Математическое, информационное, лингвистическое и программное обеспечение ГИС и их приложений.

П.8. Теория, методы и алгоритмы математической обработки и представления пространственных данных.

П.9. Методы и технологии геоинформационного анализа пространственных данных, геоинформационного и картографического моделирования пространственных объектов, процессов и систем с использованием средств вычислительной техники.

**Полнота изложения материалов диссертации и работах. опубликованных соискателем.**

Научные результаты исследования опубликованы в шести печатных работах по теме диссертации в журналах, рекомендованных ВАК, а также в выступлении на 48-м заседании международного научного семинара им. Д. Г. Успенского – В. Н. Страхова «Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей», 2022.

**Список публикаций по теме диссертации:**

В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Мицын С.В., Ососков Г.А. Экстарполяция сеточных моделей геофизических полей методом конечных разностей // Геоинформатика. 2016. № 3. С. 29-34.
2. Мицын С.В. О численной реализации спектрального метода решения обратной задачи гравиразведки. // Геоинформатика. 2018. №3. С. 89-97.
3. Пиманова Н.Н., Спиридонов В.А., Шаров Н.В., Мицын С.В. Трёхмерное плотностное моделирование земной коры юго-восточной части Фенноскандинавского щита в ГИС Integro // Геоинформатика. 2019. №1. С. 24-35.
4. Мицын С.В. Новые методы решения прямых задач на геопотенциальные поля на профилях // Геоинформатика. 2020. №1. С. 27-37.
5. Мицын С. В., Большаков Е. М. Монтажный метод в ГИС INTEGRO и его использование для решения обратной гравитационной задачи // Геоинформатика. 2021. № 3. С. 36–47.
6. Широкова Т.П., Спиридонов И.В., Мицын С.В. Монтажный метод в ГИС INTEGRO для решения обратной задачи магнитного поля // Геоинформатика. 2022. № 3. С. 30-38.

Диссертация «Геоинформационный метод объёмного моделирования глубинного строения территории на основе данных геопотенциальных полей» Мицына Сергея Валерьевича является законченной, самостоятельно выполненной научно-исследовательской работой, рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.20 — «Геоинформатика, картография (технические науки)».

Заключение принято на заседании секции Геоинформатики Учёного совета Федерального государственного бюджетного учреждения

«Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт».

Присутствовало на заседании 16 человек, в том числе 3 доктора наук, 8 кандидатов наук. Результаты голосования:

«за» — 16 человек, «против» — 0 человек, «воздержалось» — 0 человек, протокол №1 от 06.04.2023 г.

Сопредседатель



Черемисина Е.Н.  
д. т. н., профессор,  
зав. отделением  
геоинформатики  
ФГБУ «ВНИГНИ»

Секретарь



Любимова А.В.  
к.т.н., зав. отделом ГИС  
и цифровой картографии  
отделения геоинформатики  
ФГБУ «ВНИГНИ»