

Заключение диссертационного совета МГУ.016.6
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Решение диссертационного совета от 25 марта 2026 г., протокол № 83

О присуждении Шкляруку Алексею Дмитриевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Применение нейронных сетей при анализе аномальных гравитационных и магнитных полей» по специальности 1.6.9. Геофизика принята к защите диссертационным советом 11.02.2026 г., протокол № 81.

Соискатель Шклярук Алексей Дмитриевич, 1998 года рождения, с 01.10.2022 г. по 30.09.2025 г. освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Соискатель работает в должности научного сотрудника лаборатории магнитометрии Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова».

Диссертация выполнена на кафедре геофизических методов исследования земной коры геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель: кандидат технических наук Кузнецов Кирилл Михайлович, доцент кафедры геофизических методов исследования земной коры геологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова.

Официальные оппоненты:

Соловьёв Анатолий Александрович, доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение науки Геофизический центр Российской академии наук, директор;

Долгаль Александр Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор, Горный институт Уральского отделения Российской академии наук – филиал Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория электромагнитных и геопотенциальных полей, главный научный сотрудник;

Вязьмин Вадим Сергеевич, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, механико-математический факультет, кафедра прикладной механики и управления, лаборатория управления и навигации, ведущий научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их высоким профессионализмом, квалификацией, компетентностью, широкой известностью и имеющимися публикациями в области анализа гравитационных и магнитных полей с применением современных методов математической обработки, в том числе, относящиеся к машинному обучению.

Соискатель имеет 46 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 6 работ, из них 3 статьи опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности и отрасли наук:

1. **Шклярук А.Д., Кузнецов К.М.** Применение машинного обучения для построения структурных границ разреза по потенциальным полям // Гелиогеофизические исследования. 2023. № 38. С. 18-29. EDN: QKYCJY (0.75 п.л., авторский вклад 50%). Импакт-фактор 0.370 (РИНЦ).

2. **Шклярук А.Д., Кузнецов К.М., Янголенко М.В., Беляков Н.В., Лыгин И.В.** Выделение масконов Луны в гравитационном поле на основе свёрточных нейронных сетей // Геофизика. 2025. № 3. С. 97-105. EDN: HDKSGH. (0.56 п.л., авторский вклад 50%). Импакт-фактор 0.342 (РИНЦ).

3. **Шклярук А.Д., Кузнецов К.М.** Применение свёрточных нейронных сетей для выделения осей линейных аномалий магнитного поля // Russian Journal of Earth Sciences. 2025. Том 25. № 4. С. ES4007. EDN: OZAKIC (0.75 п.л., авторский вклад 50%). Импакт-фактор 0.860 (РИНЦ).

На диссертацию и автореферат поступило 7 дополнительных отзывов, все положительные.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует пункту 2.1 Положения о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова,

является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований:

- разработана методика генерации синтетических обучающих выборок для сверточных нейронных сетей, позволяющая компенсировать отсутствие размеченных реальных данных при решении задач интерпретации гравитационных и магнитных полей;

- созданы новые методы на основе нейронных сетей архитектуры U-Net для автоматизированного выделения линейных и изометричных аномалий в гравитационных и магнитных полях, апробированные на примере масконов Луны и дайкового комплекса Баренцева моря;

- предложен оригинальный подход к восстановлению структурных границ геологического разреза по комплексу геофизических данных, включающему гравитационное и магнитное поля, с использованием нейронных сетей, обученных на эталонных участках;

- доказана перспективность применения сверточных нейронных сетей для повышения точности выделения слабоконтрастных и перекрывающихся аномалий по сравнению с классическими алгоритмами компьютерного зрения, а также для интерполяции и экстраполяции данных о структурных горизонтах;

- установлено, что нейронные сети обладают наивысшей способностью к обобщению закономерностей и генерации физически обоснованных результатов при прогнозировании структурных границ в условиях дефицита априорной информации, превосходя по устойчивости другие методы машинного обучения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- развита методология интерпретации гравитационных и магнитных полей за счет внедрения методов искусственного интеллекта, что позволяет формализовать процесс качественного анализа данных;

- применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов машинного обучения (сверточные нейронные сети, ансамблевые методы, регрессионный анализ) и архитектур нейронных сетей (U-Net, U-Net++, Attention U-Net, R2U-Net) для решения задач сегментации и регрессии;

- изложены положения и экспериментальные данные,

демонстрирующие эффективность использования нейронных сетей для выделения изометричных и линейных структур, а также для восстановления морфологии структурных поверхностей;

- раскрыты закономерности, определяющие выбор архитектуры нейронной сети (U-Net с предобученным энкодером VGG-16) и параметров обучения в зависимости от решаемой геофизической задачи;

- изучены корреляционные связи между трансформантами гравитационного и магнитного полей и глубинами залегания структурных горизонтов, обосновывающие выбор входных данных для обучения нейросетевых моделей.

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

- разработаны и внедрены методы в виде программ для ЭВМ, которые подтверждены 3 свидетельствами о государственной регистрации; результаты верифицированы на реальных геофизических данных, включая материалы гидромагнитной съемки Баренцева моря и гравитационное поле Луны;

- определены границы применимости разработанных методов: для выделения изометричных аномалий (масконов) достигнута полнота локализации 100% для явно проявленных и 80% для слабо проявленных объектов; для выделения линейных аномалий точность на тестовой выборке составила 0.92 по метрике F1-score;

- создана система практических рекомендаций по применению предложенных подходов для построения геологических разрезов на ранних этапах геолого-геофизических исследований, в условиях ограниченного количества сейсмических данных и скважин, а также для включения в технологические схемы интерпретации потенциальных полей;

- представлены результаты, демонстрирующие существенное преимущество нейросетевых методов по скорости обработки больших массивов данных (секунды против традиционной ручной интерпретации) и по точности интерполяции и экстраполяции структурных границ.

Оценка достоверности результатов.

Достоверность научных положений и выводов диссертации обеспечивается корректным применением апробированного математического

аппарата методов машинного обучения, теоретической основой которых являются фундаментальные работы в области геофизики и искусственного интеллекта. Обучение и тестирование нейросетевых моделей выполнялось на представительных синтетических выборках объемом от 500 до 700 примеров, что обеспечило статистическую значимость результатов, с последующей валидацией на реальных геофизических данных, охватывающих различные геологические обстановки: лунные масконы, дайковый комплекс Баренцева моря и структурные горизонты осадочного чехла. Полученные результаты подтверждаются сходимостью с независимыми источниками – каталогами масконов по литературным данным и материалами комплексной интерпретации Баренцева моря, а также результатами сравнительного анализа с классическими алгоритмами компьютерного зрения и шестью методами машинного обучения, что позволило объективно оценить преимущества разработанных подходов. Воспроизводимость результатов подтверждена на независимых тестовых выборках (15-20% данных), не участвовавших в обучении, а внутренняя непротиворечивость выводов и их согласованность с физическими представлениями о природе изучаемых объектов свидетельствуют об обоснованности защищаемых положений.

Личный вклад соискателя состоит:

- в постановке задач исследования и разработке теоретических основ их решения;
- в создании методики генерации синтетических обучающих выборок для компенсации малого объема реальных размеченных данных;
- в конструировании архитектур нейронных сетей и их обучении для выделения линейных и изометричных аномалий, а также для восстановления структурных поверхностей по комплексу геофизических данных;
- в поиске, сборе и обработке геофизических данных для апробации разработанных подходов;
- в проведении вычислительных экспериментов, сравнительного анализа с традиционными методами и интерпретации полученных результатов;
- в подготовке публикаций и апробации результатов работы на научных конференциях.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное

исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Методика создания репрезентативных синтетических выборок, основанная на расчете эффектов от тел простой геометрической формы с добавлением искусственной помехи, позволяет эффективно обучать нейронные сети для сегментации аномальных гравитационных и магнитных полей.

2. Применение сверточных нейронных сетей эффективно решает задачу выделения линейных и изометричных аномалий магнитных и гравитационных полей в сложных геолого-геофизических условиях.

3. Разработанный метод на основе нейронных сетей, обученных на эталонных участках, эффективно решает задачу восстановления морфологии границ разреза по комплексу геофизических данных.

На заседании 25 марта 2026 г. диссертационный совет принял решение присудить Шкляруку Алексею Дмитриевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.6.9. Геофизика (технические науки), участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Модин И.Н.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Кузнецов К.М.

25.03.2026 г.