

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 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 19 марта 2026 г., протокол № 25

О присуждении **Петросяну Рубену Нверовичу**, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Моделирование геоэлектрических разрезов и локальных геоплотностных неоднородностей методами интеллектуального анализа данных» по специальности 1.6.9 – Геофизика (технические науки) принята к защите 19 марта 2026 г., протокол заседания № 25 диссертационным советом 24.2.358.01, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»: 614990, Пермский край, г. Пермь, ул. Букирева, 15. Диссертационный совет создан приказом Минобрнауки России № 853/нк от 12 июля 2022 г.

Соискатель Петросян Рубен Нверович, 2 января 1997 года рождения. В 2021 г. окончил Пермский государственный национальный исследовательский университет по специальности «Геология», профиль «Геофизика». С 2021 по 2024 г. обучался в очной аспирантуре на кафедре геофизики ПГНИУ по направлению 05.06.01 - «Науки о Земле», специальность 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых», соискателю присвоена квалификация «Исследователь. Преподаватель — исследователь».

Диссертация выполнена на кафедре геофизики геологического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» в период с 2021 по 2025 г. Соискатель с 2023 года работает на кафедре геофизики ПГНИУ ассистентом.

Научный руководитель – **Долгаль Александр Сергеевич**, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры геофизики геологического факультета «Пермского государственного национального исследовательского университета».

Ведущая организация **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»**, (г. Казань) в своем положительном отзыве, утверждённом первым проректором – проректором по научной деятельности Таюрским Дмитрием Альбертовичем, подписанным кандидатом геолого-минералогических наук, заведующим кафедрой геофизики и геоинформационных

технологий **Зиганшиным Эдуардом Рашидовичем** и доктором геолого-минералогических наук, профессором, исполняющим обязанности директора Института геологии и нефтегазовых технологий **Силантьевым Владимиром Владимировичем**, указала, что диссертационная работа Петросяна Рубена Нверовича на тему «Моделирование геоэлектрических разрезов и локальных геоплотностных неоднородностей методами интеллектуального анализа данных» посвящена совершенствованию технологий решения обратных задач вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и гравиразведки, содержит новые научные результаты, является законченной научной работой, имеющей значительный прикладной характер.

Официальные оппоненты:

**Шимелевич Михаил Ильич**, доктор физико-математических наук, заместитель директора по науке Экспериментального творческого фонда развития науки и культуры (г. Москва),

**Муравьев Лев Анатольевич**, кандидат технических наук, заведующий лабораторией региональной геофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геофизики им. Ю.П. Булашевича Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Диссертация написана автором самостоятельно, изложена грамотным научным языком, хорошо оформлена, содержит фактический материал, подкреплённый большим количеством иллюстраций и таблиц.

Основные результаты диссертационных исследований опубликованы в 19 печатных работах, 6 из которых в рецензируемых журналах: 1 статья в журнале SCOPUS, 6 публикаций в журналах ВАК. Зарегистрировано 5 программ для ЭВМ в Роспатент.

Тема диссертационной работы соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842 (с дополнениями и изменениями), и пунктам 16–18 паспорта специальности 1.6.9 «Геофизика»:

*п.16. Методы обработки и интерпретации результатов измерений геофизических полей:*

- предложена методика повышения устойчивости решения 1D обратной задачи ВЭЗ, основанная на использовании регуляризирующего оператора, построенного на основе нейросетевой аппроксимации;

- предложен пространственно-статистический анализ ограниченного множества допустимых решений обратной задачи при построении субгоризонтально-слоистых моделей геоэлектрической среды по данным вертикального электрического зондирования и при количественной интерпретации моногеничных гравитационных аномалий по данным гравиразведки.

*п.17. Компьютерные системы обработки, численной инверсии и комплексной интерпретации геолого-геофизических данных, включая ГИС-технологии:*

- разработан программно-алгоритмический продукт решения обратной задачи вертикального электрического зондирования на основе эволюционных методов оптимизации многомерных данных на базе библиотеки программ «DEAP»;

- разработаны программно-алгоритмические продукты решения нелинейной обратной задачи гравirazведки для одиночного изолированного объекта с известной плотностью, основанные на методах Монте-Карло и роя частиц;

- разработан программно-алгоритмический продукт, предназначенный для нейросетевой аппроксимации оператора обратной задачи вертикального электрического зондирования на базе библиотеки программ «Keras».

*п.18. Использование геолого-геофизических данных для построения цифровых геологических, гидродинамических, геодинамических и иных моделей геологической среды и месторождений:*

- построен геоэлектрический разрез на основе результатов бурения скважины и данных вертикального электрического зондирования, полученных в ходе инженерно-геофизических исследований вблизи пос. Октябрьский, Пермский край;

- создана геоплотностная модель рудоносной интрузии габбро-долеритов по данным гравиметрической съемки масштаба 1:25 000, выполненной над месторождением медно-никелево-платиновых руд Норильск-1;

- определены параметры глубинного аномалиеобразующего объекта призматической формы в пределах Норильско-Игарско-Верещагинской магмоактивной зоны по материалам гравиметрической съемки масштаба 1:200 000.

Автор диссертационной работы Петросян Рубен Нверович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 «Геофизика».

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

***Публикации в журналах ВАК и Scopus***

1. Долгаль А.С. Моделирование геоэлектрического разреза на основе множества допустимых решений обратной задачи вертикального электрического зондирования / Долгаль А.С., **Петросян Р.Н.** // Вестник Воронежского государственного университета. Геология. – 2025. – № 3. – С. 31-40 (вклад автора 50 %).

2. Долгаль А.С. Решение обратной задачи гравirazведки для 2D призматических тел методом статистических испытаний / Долгаль А.С., **Петросян Р.Н.** // Вестник Пермского университета. Геология. – 2021, – Т. 20, – № 4. – С. 334-343 (вклад автора 40 %).

3. Долгаль А.С. Оценка параметров источника гравитационной аномалии методом роя частиц / Долгаль А.С., **Петросян Р.Н.**, Рыжов Н.В. // Вестник Пермского университета. Геология. – 2024. – Т. 23. – № 1. С. 85-92 (вклад автора 30 %).

4. **Петросян Р.Н.** Возможности искусственных нейронных сетей при решении обратных задач электроразведки методом вертикального

электрического зондирования / **Петросян Р.Н.**, Рыжов Н.В. // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. – 2024. – Т. 62. – № 2. – С. 109-119 (вклад автора 80 %).

5. **Петросян Р.Н.** Генетический алгоритм решения обратной задачи электроразведки методом вертикального электрического зондирования / **Петросян Р.Н.**, Рыжов Н.В. // Геофизика. – 2024. – № 5. – С. 48-54 (вклад автора 80 %).

6. Рыжов Н.В. Гибридный подход к решению обратной задачи электроразведки методом вертикального электрического зондирования / Рыжов Н.В., **Петросян Р.Н.** // Геофизика. – 2025. – № 5. – С. 21-27 (вклад автора 20 %).

### ***Публикации в научных изданиях перечня РИНЦ***

7. Долгаль А.С. Интерпретация моногеничных гравитационных аномалий методами Монте-Карло и роя частиц / Долгаль А.С., **Петросян Р.Н.**, Рыжов Н.В. // Инженерная и рудная геофизика. Материалы 20-й научно-практической конференции и выставки. – М., 2024. – С. 363-367 (вклад автора 30 %).

8. Долгаль А.С. Решение 2D обратной задачи гравиразведки методом роя частиц / Долгаль А.С., **Петросян Р.Н.**, Рыжов Н.В. // 50-я юбилейная сессия Международного семинара им. Д.Г. Успенского – В.Н. Страхова «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей». – М., – 2024. – С. 149-152 (вклад автора 30 %).

9. **Петросян Р.Н.** Гарантированный подход к решению обратной задачи электроразведки методом вертикального электрического зондирования / **Петросян Р.Н.** // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. Сборник научных трудов. – Пермь, – 2025. – С. 241-244.

10. **Петросян Р.Н.** Применение метода ВЭЗ при исследовании карстовых зон / **Петросян Р.Н.** // Геология в развивающемся мире. Сборник научных трудов по материалам XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Пермь, – 2022. – С. 146-149.

11. **Петросян Р.Н.** Комплексный подход к решению обратной задачи вертикального электрического зондирования на основе нейросетевой аппроксимации и эволюционных алгоритмов оптимизации / **Петросян Р.Н.**, Бухтеев Е.М. // Геология в развивающемся мире. Сборник научных трудов по материалам XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Пермь, – 2025. – С. 150-154 (вклад автора 50 %).

12. **Петросян Р.Н.** Применение метода ВЭЗ при решении карстологических задач (на примере поселка Вышков) / **Петросян Р.Н.**, Гильманов М.И. // Теория и практика разведочной и промысловой геофизики. Сборник научных трудов X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Пермь, – 2022. – С. 150-154 (вклад автора 50 %).

13. **Петросян Р.Н.** Оценка разрешающей способности метода ВЭЗ при картировании кровли коренных пород с использованием имитационного

моделирования / **Петросян Р.Н.**, Гинзбург Е.А. // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – Пермь, – 2023. – С. 155-160 (вклад автора 50 %).

14. **Петросян Р.Н.** Определение удельного электрического сопротивления при решении карстологических задач в условиях урбанизированных территорий пермского края / **Петросян Р.Н.**, Гинзбург Е.А., Зотин Н.А. // Двадцать четвертая уральская молодежная научная школа по геофизике. Сборник научных материалов научной школы. – Пермь, – 2023. – С. 181-185 (вклад автора 30 %).

15. **Петросян Р.Н.** Влияние кривизны питающей линии установки Шлюмберже на результаты электроразведочных исследований / **Петросян Р.Н.**, Зотин Н.А., Гинзбург Е.А. // Теория и практика разведочной и промысловой геофизики. Сборник научных трудов X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Пермь, – 2022. – С. 145-149 (вклад автора 30 %).

16. **Петросян Р.Н.** Качественная интерпретация ВЭЗ с целью обнаружения карстовых полостей и зон дробления (на примере деревни Балаши) / **Петросян Р.Н.**, Рыжов Н.В. // Геология в развивающемся мире. Сборник научных трудов по материалам XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Пермь, – 2023. – С. 293-297 (вклад автора 50 %).

17. **Петросян Р.Н.** Решение обратной задачи вертикального электрического зондирования с применением полносвязных нейронных сетей в условиях горизонтально-слоистой среды / **Петросян Р.Н.**, Рыжов Н.В. // XXV уральская молодежная научная школа по геофизике. Сборник научных материалов. – Екатеринбург, – 2024. – С. 111-115 (вклад автора 50 %).

18. Рыжов Н.В. Возможности 2D интерпретации данных, полученных методом вертикального электрического зондирования / Рыжов Н.В., **Петросян Р.Н.** // Теория и практика разведочной и промысловой геофизики. Сборник научных трудов. – Пермь, – 2023. – С. 183-188 (вклад автора 50 %).

19. Рыжов Н.В. Применение различных показателей качества при решении обратной задачи гравиразведки методом роя частиц / Рыжов Н.В., **Петросян Р.Н.** // Геология в развивающемся мире. Сборник научных трудов по материалам XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Пермь, – 2024. – С. 217-222 (вклад автора 50 %).

#### ***Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ***

1. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024664945. GA VES. Программа для решения обратной задачи электроразведки методом вертикального электрического зондирования с использованием генетических алгоритмов / **Петросян Р.Н.** Дата регистрации – 13.06.2024.

2. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2024611388. ANN VES. Программа для решения обратной задачи электроразведки методом вертикального электрического зондирования с использованием нейронных сетей / **Петросян Р.Н.** Дата регистрации – 15.01.2024.

3. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2025691780. PDBR ROI. Программа предназначена для решения нелинейной обратной задачи гравиразведки методом роя частиц для двухмерной горизонтальной призмы / **Петросян Р.Н.**, Долгаль А.С. Дата регистрации – 18.11.2025 (вклад автора 50 %).

4. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2025692062. PODBOR ST. Программа предназначена для решения нелинейной обратной задачи гравиразведки для моногеничной аномалии, обусловленной 2D призмой, основанный на методе статистических испытаний (Монте-Карло) / **Петросян Р.Н.**, Долгаль А.С. Дата регистрации – 19.11.2025 (вклад автора 50 %).

5. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2025692497. SSA VES. Программа предназначена для решения обратной задачи электроразведки методом вертикального электрического зондирования с использованием пространственно-статистического анализа конечного множества моделей / **Петросян Р.Н.** Дата регистрации – 21.11.2025.

На автореферат диссертации поступило 12 отзывов, **все отзывы положительные**. Среди них 6 отзывов с замечаниями:

1. *Агафонов Юрий Александрович*, кандидат технических наук, генеральный директор ООО «СИГМА-ГЕО»:

- Какие дополнительные методы валидации (например, «слепые» испытания на тестовых участках или прямая сверка с данными скважин) и критерии оценки, помимо величины невязки, могут быть использованы для доказательства геологической достоверности моделей, построенных нейросетью, особенно в случаях, когда формальная ошибка выше, чем у традиционных методов;

- Каковы пути и перспективы развития предложенных эффективных стохастических алгоритмов для решения более сложных и реалистичных гравиметрических задач, таких как интерпретация аномалий от множества объектов или тел с неизвестной/переменной плотностью;

- Какие конкретные шаги или подходы рассматриваются для оптимизации вычислительных затрат и повышения производительности метода пространственно-статистического анализа при работе с большими объемами данных.

2. *Калинин Дмитрий Федорович*, доктор технических наук, профессор кафедры геофизики Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II:

– Степень изменчивости геоэлектрического разреза в пределах апробируемой территории напрямую влияет на разнообразие обучающей выборки. Следует подчеркнуть, что устойчивость аппроксимационных нейросетевых решений сильно зависит от числа слоев реальной среды и их мощности. Контролирование ввода все более разнообразных геоэлектрических моделей с широкими диапазонами параметров обучающей выборки должно осуществляться осознанно, так как именно специалист-интерпретатор способен выбрать из множества допустимых эквивалентных решений вариант, наиболее согласованный с априорными геологическими данными. Иными словами, подобная система компьютерной интерпретации должна иметь

интерактивные средства управления и обеспечивать «человеко-машинный» анализ достоверности интерпретационных построений на любых стадиях обучения нейронной сети;

- Следовало бы уточнить критерий выбора максимальной скорости «частиц роя», влияющий на устойчивость процесса оптимизации;

- Следует отметить, что неформализованный подбор эквивалентных решений обратной задачи, основывающийся на субъективном экспертном опыте интерпретаторов, может оказаться не менее достоверным как в случае ВЭЗ, так и в случае других геофизических методов.

3. *Мотрюк Екатерина Николаевна*, кандидат технических наук, доцент кафедры физики и высшей математики Ухтинского государственного технического университета:

- В автореферате не приведены описания глав диссертации. Это необходимо для более полного представления об исследованиях, проведенных автором диссертационной работы.

4. *Муравина Ольга Михайловна*, доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой геофизики Воронежского государственного университета:

- При формировании обучающей выборки автор предлагает использовать параметр, характеризующий степень изменчивости разреза. А каким образом отследить существенное изменение геологической ситуации при той же степени изменчивости? Ведь в таком случае необходимо кардинальное изменение обучающей выборки. Каким образом это реализуется в алгоритме;

- Какова трудоемкость процесса формирования обучающей выборки;

- В работе детально описываются методы решения обратной задачи ВЭЗ - алгоритм, моделирование, пример практического применения. Что нельзя сказать о гравиметрии, которая рассмотрена более схематично, практические примеры в автореферате не приводятся. Тем не менее, рассмотренный в работе метод роя частиц в применении к обратной задаче гравиразведки, несомненно, перспективен и требует дальнейшего развития.

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

- Автором в начале автореферата приводится утверждение о том, что ВЭЗ и гравиразведка являются одними из ключевых методов инженерной геофизики. На мой взгляд, это некоторый перебор. Если с ролью ВЭЗ можно согласиться, то столь высокая оценка роли гравиразведки всё-таки вряд ли уместна. Существенно значимее для инженерно-геофизических работ являются малоглубинная сейсмика, радарная съёмка, электроразведочная томография. На мой взгляд, автору стоит быть несколько осторожнее в оценке значимости тех или иных методов;

- Вызывает вопросы геологическая колонка на рисунке 1. Что это? Разрез по скважине, по шурфу или модельный разрез. Неплохо было бы сопроводить этот рисунок и кривыми ВЭЗ по профилю. Сколько кривых вовлекалось в интерпретацию? Одна, пять, десять, сто.

6. *Рашидов Владимир Александрович*, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН:

- На рис. 6 следовало бы сделать врезку с местоположением поселка Октябрьский.

Отзывы без замечаний поступили:

7. *Булычев Андрей Александрович*, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой геофизических методов исследования земной коры Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова;

8. *Ворошилов Владислав Алексеевич*, кандидат технических наук, старший научный сотрудник АО «ВНИИ Галургии»;

9. *Иголкина Галина Валентиновна*, доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института геофизики УрО РАН;

10. *Колмаков Юрий Викторович*, доктор геолого-минералогических наук, доцент отделения геологии Национального исследовательского Томского политехнического университета;

11. *Сенчина Наталья Петровна*, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II;

12. *Шестаков Алексей Федорович*, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института геофизики УрО РАН.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается общностью тематики исследования: **Институт геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета** является ведущим научно-исследовательским и прикладным центром по внедрению искусственного интеллекта в геофизике, помимо этого, сотрудниками института широко исследуются возможности применения методов электроразведки и гравиразведки при поиске и разведке месторождений углеводородов; **Шимелевич Михаил Ильич** – известный исследователь в электроразведке, доктор физико-математических наук, ведущий специалист в области разработки и применения нейронных сетей при решении обратных задач; **Муравьев Лев Анатольевич** – эксперт в области потенциальных полей, электроразведки, и археологической геофизики.

Официальные оппоненты и ведущая организация имеют широкую известность, высокую научную компетентность, значительные достижения в области исследований и способны определить научную и практическую ценность представленной диссертации.

**В отзыве ведущей организации имеются следующие замечания:**

1. Автором упущена возможность систематизировать существующие подходы к регуляризации обратных задач с использованием методов искусственного интеллекта. В частности, следовало бы рассмотреть

современные направления, такие как «физически-информированные нейронные сети» (Physics-Informed Neural Networks, PINNs), которые активно развиваются в зарубежной литературе и позволяют встраивать уравнения прямых задач непосредственно в функцию потерь. Это могло бы не только усилить обзорную часть, но и обозначить перспективы дальнейшего развития предложенной автором концепции «нейросетевой регуляризации»;

2. Предложенная методика опирается на заранее заданное количество слоев геоэлектрического разреза, которое определяется на основе априорных сведений. В диссертации не рассматривается ситуация, когда априорная информация отсутствует или является недостоверной, и интерпретатор ошибается в выборе числа слоев. Желательно было бы оценить устойчивость предлагаемого подхода к таким ошибкам. Это важно для практического применения методики в условиях минимальной априорной информации.

3. Автор указывает, что количество эпох обучения может варьироваться от десяти до первых тысяч и обуславливается сложностью разреза. При этом не описан критерий останова обучения, не приведены графики сходимости функции потерь на обучающей и валидационной выборках. Учитывая, что автор сам отмечает опасность переобучения, отсутствие контроля за переобучением является методическим пробелом. В диссертации следовало бы явно указать, использовалось ли разделение обучающей выборки на тренировочную и валидационную, и как выбиралось оптимальное количество эпох;

4. В главе независимо друг от друга рассматриваются три метода стохастической оптимизации (Монте-Карло, рой частиц, генетический алгоритм), однако отсутствует их прямое сопоставление на единой тестовой задаче. Автор подробно анализирует влияние гиперпараметров внутри каждого метода, но не дает количественной оценки, какой из методов следует рекомендовать для решения тех или иных классов задач.

Также в отзыве ведущей организации имеются замечания по оформлению диссертации:

5. На 36-й странице встречается параметр «степень изменчивости разреза  $C_p$ », далее упоминается параметр «степень изменчивости разреза  $C_{об}$ » с аналогичным названием. Вероятно, последний параметр должен быть «степень изменчивости обучающей выборки»;

6. На странице 62 в подписи к рисунку 3.1.6 два раза упоминается часть рисунка «б». При этом вероятнее всего, что в подписи к прямоугольной призме имелась в виду «в»;

7. На 66-й странице на рисунке 3.2.1 в пункте «Получение лучшего решения  $G(k)$  для среди всех частиц» нарушена связность текста;

8. На странице 104 в подписи к рисунку 4.3.4 два раза упоминается пункт «2». При этом вероятнее всего, что пункт «точка ВЭЗ и её номер» должны идти под номером «3»;

9. Подписи к рисунку 4.3.4 упоминается условное обозначение «точка ВЭЗ и её номер», при этом на рисунке данных номеров не найдено;

10. На 14-й странице встречается термин «электрофотографии», вероятно имелась ввиду электротомография;

**Диссертационный совет отмечает,** что на основании выполненных соискателем исследований:

- **реализован** метод количественной интерпретации данных вертикального электрического зондирования, базирующийся на нейросетевой аппроксимации оператора нелинейной обратной задачи вертикального электрического зондирования;

- **разработаны** алгоритмы численной инверсии данных вертикального электрического зондирования и гравиметрической съемки, основанные на стохастической оптимизации, которые в дальнейшем используются для генерации репрезентативного множества допустимых решений;

- **представлен** метод пространственно-статистического анализа конечного множества эквивалентных решений обратных задач гравиразведки и электроразведки, повышающий достоверность результатов количественной интерпретации за счет исключения случайных особенностей частных решений.

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

- **разработаны** стохастические методы оптимизации, позволяющие за счет вариативности поиска сформировать репрезентативное множество допустимых решений обратных задач, что обеспечивает переход от единственного «оптимального» решения, обладающего минимальной невязкой, к анализу характеристик набора эквивалентных моделей;

- **доказано,** что компактное множество геологически содержательных моделей, составляющих обучающую выборку в разработанном методе нейросетевой аппроксимации, обеспечивает регуляризацию обратной задачи вертикального электрического зондирования путем исключения физически нереалистичных решений;

- **представлен** пространственно-статистический анализ результатов интерпретации, способный количественно оценить разрешающую способность геофизического метода в конкретных физико-геологических условиях и характеризующий вероятность выделения границ геологических тел и структур с помощью функции локализации.

**Практическая значимость** исследования заключается в том, что:

- разработанные методы успешно использованы при инженерно-геологических изысканиях для уточнения строения верхней части геологического разреза по данным электроразведки методом вертикального электрического зондирования;

- компьютерные технологии для решения обратных задач методами вертикального электрического зондирования и гравиразведки позволяют значительно снизить затраты труда и времени при количественной интерпретации геофизических данных.

**Оценка достоверности результатов исследований:**

- обоснованность научных выводов и практических рекомендаций базируется на использовании теоретических и методических положений разведочной геофизики, вычислительной математики, программирования и результатов исследований ведущих российских и зарубежных ученых, а также имитационного моделирования, апробированных методик теоретических и экспериментальных исследований;

- адекватность решения обратных задач подтверждена совпадением подобранных и истинных моделей на тестовых задачах различного уровня сложности, а также результаты интерпретации практических геофизических данных согласуются с геологическими сведениями и данными бурения;

- основные положения диссертации опубликованы в 6 рецензируемых научных изданиях ВАК, 1 - в журнале Scopus, зарегистрировано 5 программ для ЭВМ в Роспатент; а также прошли апробацию на всероссийских и международных научных конференциях.

**Личный вклад** соискателя состоит в следующем:

- разработаны методы решения обратной задачи вертикального электрического зондирования на основе нейросетевой аппроксимации, генетических алгоритмов и пространственно-статистического анализа множества  $\varepsilon$ -эквивалентных решений, а также предложена концепция «нейросетевой» регуляризации;

- выполнена программная реализация разработанных методов на языке программирования Python;

- при участии автора создан программно-алгоритмический код на объектно-ориентированном языке программирования Delphi для решения обратной задачи гравиразведки стохастическими алгоритмами и уточнения полученных результатов методами пространственно-статистического анализа;

- проведена апробация созданных программных средств и методик на синтетических данных и материалах полевых геофизических наблюдений.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- при построении геоплотностной модели Норильско-Игарско-Верещагинской зоны отмечаются достаточно существенные расхождения наблюденного и модельного полей на фланговых участках профиля;

- отсутствует сопоставление представленных геоэлектрических разрезов с данными сейсморазведки, ранее выполнявшейся в пределах Уфимского плато;

- нет сравнительных оценок разрешающей способности алгоритмов решения обратных задач на единой модели;

- не приведены сведения о влиянии практической эквивалентности при определении геоэлектрических параметров разреза при использовании нейросетевой интерпретации.

Соискатель Петросян Рубен Нверович аргументированно ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы.

На заседании 19 марта 2026 года диссертационный совет: за создание компьютерных технологий моделирования геоэлектрических разрезов и локальных геоплотностных неоднородностей методами интеллектуального анализа данных принял решение присудить Петросяну Рубену Нверовичу учёную степень кандидата технических наук по специальности 1.6.9 – Геофизика.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 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 – 11 против – нет; недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета 24.2.358.01  
доктор технических наук, профессор



Костицын  
Владимир Ильич

Ученый секретарь  
диссертационного совета 24.2.358.01  
кандидат геолого-минералогических  
наук

Огородова  
Ирина Владимировна

19 марта 2026 г.