

**ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**  
**о диссертационной работе Орман Индиры Маликовны**  
**«Разработка алгоритмов и программного обеспечения для определения**  
**электромагнитных параметров включения в подстилающей среде»,**  
**представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по**  
**специальности 8D06101 – Информатика, вычислительная техника и**  
**управление**

**Актуальность темы.** Диссертационное исследование Орман И.М. посвящено решению важной научно-прикладной задачи – разработке эффективных методов и программных средств для интерпретации георадиолокационных данных с целью определения электромагнитных параметров (диэлектрической проницаемости и проводимости) включений в подстилающей среде. Актуальность работы обусловлена широким применением георадаров в неразрушающем контроле дорожных конструкций, инженерной геологии, строительстве и археологии, а также отсутствием открытых и верифицированных алгоритмов обработки сигналов, позволяющих переходить от временных разверток к геоэлектрическим разрезам с высокой точностью. Особое значение работа приобретает в контексте цифровой трансформации и внедрения методов искусственного интеллекта в инфраструктурный мониторинг, что соответствует стратегическим приоритетам Республики Казахстан.

**Научная новизна и практическая значимость.** Автором лично получены следующие новые научные результаты:

1. Разработаны и экспериментально апробированы методы определения глубины залегания, диэлектрической проницаемости и проводимости включений на основе зондирования георадаром «Лоза-В», что обеспечило погрешность определения глубины порядка 0,2–0,3 см.
2. Впервые предложена методика комплексной первичной обработки реальных радарограмм, сочетающая подходы А.В. Старовойтова с авторскими алгоритмами фильтрации и выделения аномалий.
3. Создана методика мониторинга структурного состояния подповерхностных слоёв на основе глубокого обучения (LSTM), показавшая превосходство над традиционными методами (RMSE = 3,01; CC = 0,92).
4. Разработан оригинальный метод калибровки источника георадара с использованием оптимизационного подхода, позволяющий уточнять форму зондирующего импульса в табличной форме.

5. Предложен метод решения обратной коэффициентной задачи для определения электромагнитных параметров подстилающего слоя без итерационных оптимизационных процедур – на основе аналитического решения в частотной области и рекуррентного пересчёта.

Практическая значимость подтверждена двумя актами внедрения: в учебный процесс ВКТУ им. Д. Серикбаева и в деятельность Национального центра качества дорожных активов, а также свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Степень обоснованности и достоверности результатов.** Выводы диссертации базируются на корректном применении методов математического моделирования, теории обратных и некорректных задач, численных методов оптимизации, а также на современных подходах машинного и глубокого обучения. Достоверность обеспечена сопоставлением результатов моделирования с экспериментальными данными, полученными на песчаном карьере с контролируемыми объектами (канистра, торф, пластиковые бутылки), а также статистической значимостью результатов тестирования моделей (ANOVA, уровень значимости 5%).

**Личный вклад соискателя.** Орман И.М. самостоятельно провела аналитический обзор, разработала все представленные алгоритмы и программные модули (MATLAB, Python), выполнила полевые и лабораторные эксперименты (в том числе на базе ВКТУ им. Д. Серикбаева), обработала и интерпретировала полученные данные, подготовила публикации. Личное участие автора в совместных публикациях является определяющим.

**Апробация и публикации.** Основные результаты докладывались на двух международных научных школах-конференциях (Новосибирск, 2023, 2024). По теме диссертации опубликовано: 2 статьи в журналах Scopus (Q1 и Q3), 2 статьи в изданиях, рекомендованных КОКСНВО, 2 тезиса конференций. Получено 1 свидетельство об авторском праве на программу ЭВМ и 2 акта внедрения. Это полностью соответствует требованиям, предъявляемым к PhD диссертациям.

**Структура и содержание работы.** Диссертация (118 стр.) состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы (108 наименования) и четырех приложений. Содержание логически выстроено: от анализа основ георадиолокации и первичной обработки данных (гл. 1–2) через разработку методик глубокого обучения (гл. 3) к строгим математическим методам калибровки источника и решения обратной задачи (гл. 4). Заключение содержит конкретные и обоснованные выводы.

**Заключение.** Диссертационная работа Орман Индиры Маликовны является завершённым, самостоятельно выполненным научным исследованием, содержащим решение актуальной задачи – разработки алгоритмов и программного обеспечения для определения электромагнитных параметров включений в подстилающей среде по данным георадиолокации. По научной новизне, практической значимости, объёму и качеству полученных результатов работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D06101 – Информатика, вычислительная техника и управление. Рекомендую диссертацию к защите.

**Научный руководитель:**

кандидат технических наук,  
ассоциированный профессор (доцент),  
профессор кафедры «Информационно-коммуникационные технологии»  
НАО «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева»

«16» 04 2026 г.



Курмашев И.Г.