

АННОТАЦИЯ

**Диссертационной работы Ракишевой Диляры Советовны
«Моделирование задач электромониторинга дамб и плотин»,
представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по
специальности: «6D070500 – математическое и компьютерное
моделирование»**

Актуальность работы. Метод электрической томографии является одним из ведущих методов современной геофизики и широко используется практически во всех странах мира. Метод совершенствуется благодаря автоматизации и технологии оцифровки измерений. Большая плотность получаемых данных требует обязательной компьютерной обработки и моделирования. Поэтому значение математического моделирования в этой области только возрастает одновременно с ростом сложности рассматриваемых задач. Наряду с исследованием земной поверхности, этот метод используется и в электромониторинге дамб и плотин.

В настоящее время безопасность гидротехнических сооружений разного типа дамб и плотин играют важную роль не только в нашей стране, но и во всем мире. Последние десятки лет (не считая плотины которые в аварийном состоянии и в Казахстане (Кызылагаш, Алматинская область 2010 г.), (с. Кокпекты, Карагандинская область 2014 г.), (Туркестанская область пострадала от прорыва плотины Сардобинск в Узбекистане 2020 г.) и во всем мире (р. Инд, Пакистан 2010 г.), (р. Хуанхе, Китай 2010 г), (р. Сейба, Россия 2019 г.) и т.д. показали уязвимость систем защиты дамб и плотин.

Состояние плотин во многом зависит от организации периодического мониторинга: межсезонного, ежегодного, ежеквартального. Своевременное выявление нарушений в теле плотины в виде эрозий, утечек, изменения гранулометрического состава и как следствие этого увеличения пористости и дает возможность предотвратить возрастание утечек, трещин, разрушения и прорыва плотины. Поперечный мониторинг тела плотины является более чувствительным к такого рода изменениям и в перспективе является более информативным.

Математическое и компьютерное моделирование для поперечного электромониторинга плотины для выявления изменения структуры плотины, с учетом изменений уровней воды на верхнем и нижнем бьефах, является очень практически значимой задачей в исследовании гидротехнических сооружений.

Электромониторинг основан на обнаружении изменений электрических свойств среды. Измерительный комплекс содержит большую систему питающих и приемных электродов, которая соединяется в косы. Система работает на определенной аппаратуре и работает по заранее заданному протоколу, куда вводятся данные об электродах, уточняются питающие и приёмные электроды. В результате реализации протокола измерений получается огромная система данных измерений. Важно определить чувствует

ли электрическое поле изменения, которые происходят внутри плотины. Это могут быть утечки, изменения свойств минерализации среды, изменения глубины утечки, изменения высоты верхнего и нижнего бьефа и т.д. В настоящее время система мониторинга ставится на тело плотины вдоль тела плотины один раз на много лет и является дорогостоящей, поэтому важнейшая задача мониторинга состоит в том, чтобы составить надёжную математическую модель и основанной на ней программу, где можно рассчитать все изменения в теле плотины.

Целью диссертации диссертационной работы является моделирование задач для поперечного электромониторинга дамб и плотин.

Объектом исследования является поперечный электромониторинг дамб и плотин с использованием метода квазитрёхмерного моделирования. Применяя к нему Преобразование Фурье.

Новизна работы. В большинстве случаев электротомографический мониторинг проводится вдоль гребня плотины и на параллельных ей бермах., так как отсутствуют надежные методы интерпретации для профилей, располагаемых поперек тела плотины. Так же не учитывается влияние изменений состава воды, изменение уровня воды, выявление утечек под нижним и верхнем бьефах. Поэтому для решения этой проблемы необходимо выполнять исследования для установок электротомографии, которые располагаются поперек тела плотины с учетом его рельефа. В данной работе моделируется поперечная установка. Это дает возможность учитывать рельеф, изменение высоты верхнего и нижнего бьефа, менять высоту и глубину утечки.

С точки зрения математического моделирования, применение именно метода интегральных уравнений позволяет получить высокую точность и хорошую экономичность решения задач по сравнению с другими методами. Расчет трехмерного электрического поля сводится к системе двумерных интегральных уравнений, далее с применением преобразования Фурье система сводится к одномерным уравнениям. В этих уравнениях проводится интегрирование по контурам раздела сред, которые получаются в поперечном сечении тела плотины. Для каждой модели решаются системы уравнений для каждого значения частоты при преобразовании Фурье. Далее проводится обратной преобразование Фурье. Этот подход позволил значительно ускорить вычисления.

Личный вклад доторанта: Вывод преобразования Фурье интегрального уравнения для среды с рельефом дневной поверхности. Написание, тестирование и отладка программы ERTDam2D, выносимые на защиту. Написание публикаций и выступление в конференциях и научных семинарах.

Авторские свидетельства. Получено свидетельство о внесении в Государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №11797 от 28.08.2020 г.

Внедрение результатов. Имеется АКТ внедрения научно-исследовательских результатов диссертационной работы в производство ООО «Научно-производственный центр ГЕОСКАН».

Апробация работы. Диссертационная работа докладывалась на научных семинарах:

- ✓ 8.10.2019 г. В МГУ им. Ломоносова на кафедре геофизических методов исследования земной коры геологического факультета (Москва).
- ✓ 1.10.2020 г. Научный семинар «Функциональный анализ и его приложения» на Механико-математическом факультете ЕНУ имени Л.Н. Гумилева (Нур-султан).
- ✓ 19.03.2020 г. Научный семинар Школа-семинара «Задачи управления и идентификации на графах» на Механико-математическом факультете ЕНУ имени Л.Н. Гумилева (Нур-султан).

На международных конференциях:

- ✓ 29.09.2017 г. 2-я международная научная конференция «Информатика и прикладная математика» (Алматы).
- ✓ 28.08.2019 г. 11-я международная молодежная научная школа-конференция «Теория и численные методы решения обратных некорректных задач» (Новосибирск (Академгородок)).
- ✓ 12.04.2019 г. 14-я международная научная конференция «Наука и образование-2019» (Нур-султан, (Диплом III степени)).
- ✓ 10.04.2020 г. 15-я международная научная конференция «Наука и образование-2020» (Нур-султан, (Диплом I степени)).

С 2017 года работая над диссертацией было опубликовано в соавторстве с научными консультантами 10 работ. 2 работы включенных в индекс научного цитирования в базе данных Web Of Science, 4 публикаций в журналах из списка рекомендованных ККСОН и 4 публикации в зарубежных и международных конференциях.

На защиту выносятся:

- ✓ Составлена математическая модель для поперечного электромониторинга дамб и плотин, который является совершенно новым подходом к решению данной задачи.
- ✓ Разработан практически устойчивый численный метод решения системы интегральных уравнений для расположений электродов на границах двух и более контактирующих сред, где возникают заряды.
- ✓ Применено преобразование Фурье, для понижения порядка интегрируемого уравнения.
- ✓ Реализована идея дискретного аналога перехода к интерполированному ядру для улучшения сходимости итераций в численном решении интегральных уравнений
- ✓ Метод РБФ применен не только для таблично заданных функций для всех контактирующих границ, но и для их первой производной, что помогло избежать паразитных осцилляций при решении интегральных уравнений

- ✓ Составлена прикладная программа для электромониторинга дамб и плотин ERTDam2D для семи разных моделей среды.

Публикации

На базе Web of Science:

1. Balgaisha Mukanova, Tolkyn Mirgalikyzy and Dilyara Rakisheva Modelling the Influence of Ground Surface Relief on Electric Sounding Curves Using the Integral Equations Method // Mathematical Problems in Engineering. – Vol. 2017. - Article ID 9079475, doi: <https://doi.org/10.1155/2017/9079475>. **WoS** IF 1,179.

2. Rakisheva D.S. Mukanova B.G., Modin I.N., Simulation of electrical monitoring of dams with leakage transverse with a transverse placement of the measuring installation // Eurasian journal of mathematical and computer applications. ISSN 2306–6172 Vol. 8, Issue 4 (2020) P. 69 – 82., **WoS** If: 0.341

В изданиях рекомендованных КОКСОН:

3. Ракишева Д. С., Миргаликызы Т., Муканова Б. Г. Аппроксимация поверхности рельефа дневной поверхности методом RBF // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. - 2017. – Т.1, №365. - С.210-215.

4. Муканова Б.Г., Ракишева Д.С., Метод интегральных уравнений для рельефной вмещающей среды с 2D локальным включением // Вестник ЕНУ имени Л.Н.Гумилева, №4 (129) 2019. С.56-67.

5. Rakisheva D.S., Modin I.N., Mukanova B.G, Mapes of secondary sources in the problem of ERT probing 2D medium: numerical method and analytical solutions // Вестник Карагандинского университета, №2 (98) 2020. С 204-214 / **WoS** If: 0

6. Mukanova B.G. Rakisheva D.S. The Method of the Integral Equations and Fourier transforms for the problems of Modeling the electrical monitoring of dams and barriers // International Journal of Mathematics and Physics 11, №1, 4 (2020) С.4-12

В материалах зарубежных и международных конференций:

7. Муканова Б.Г., Миргаликызы Т., Ракишева Д.С. Моделирование влияния рельефа земной поверхности на кривые электрического зондирования методом интегральных уравнений. Материалы III международной научной конференции «Информатика и прикладная математика». - Алматы, 27-30 сентября 2017. - С.352-366.

8. Mukanova B.G. Rakisheva D.S. Fourier transformation method for solving integral equation in the 2.5D problem of electric sounding // XI –Международная молодежная научная школа-конференция «Теория и численные методы решения обратных некорректных задач» С.62, 2019г. Новосибирск, Академгородок.

9. Ракишева Д. С. Применение метода преобразования Фурье для решения интегрального уравнения в задаче электрического зондирования рельефа дневной поверхности // Материалы XIV международной научной конференции «Наука и образование-2019» 2019г, С.1454-1460. ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, г.Нур-Султан (Диплом III степени).

10.Ракишева Д. С., Даукен С., Аппроксимация рельефа объекта «Косая Гора» методом RBF // Материалы XV международной научной конференции «Наука и образование-2020» 2020г., С.1537-1544. г.Нур-Султан (Диплом I степени).

Структура диссертации. Диссертация состоит из 102 страниц 92 рисунков, введения, трех разделов, заключения, списка цитированной литературы и приложений. **Первый раздел** является обзорной, где показаны основные методики и математические основы. Показаны результаты работ опубликованных в начале докторантуры. Сделан обзор работ по математическим и геофизическим основам. **Во втором разделе** диссертации показана математическая в виде системы интегральных уравнений, показан метод численного расчета, который применялся при программировании, метод радиальных базисных функций (РБФ), а также перечислены функциональные возможности прикладной программы, написанной на основе математической модели. Автор рассказывает о численных экспериментах, метода РБФ для синтетических данных, а в конце диссертации на реальных данных. **И основную часть** диссертации занимает третий раздел, тут описаны подробные результаты расчетов программы для электромониторинга дамб и плотин ERTDam2D для семи моделей.