



**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки
ИНСТИТУТ ГЕОФИЗИКИ им. Ю. П. Булашевича
Уральского отделения Российской академии наук
(ИГФ УрО РАН)**

620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, д. 100.
Тел: +7 (343) 267-88-68. Факс: +7 (343) 267-88-72.
E-mail: igfuroran@mail.ru.

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института геофизики
им. Ю.П. Булашевича УрО РАН
кандидат геол.-мин. наук


И.А. Козлова
«23» декабря 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Института геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН на диссертационную работу **Карина Юрия Григорьевича «Экспресс методика построения моделей для оценки объемов вещества хвостохранилищ по данным электротомографии, электромагнитного профилирования и аэрофотосъемки»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 – «Геофизика».

Актуальность проведённых соискателем исследований

Загрязнение почв и воздуха из-за миграции хвостов за пределы хранилища – экологическая проблема, являющаяся актуальной в России и за рубежом. Эта проблема рассматривалась в работах [Мур и Рамамурти, 1987; Salomons, 1995], [Ackman T. E. 2003; Lottermoser, 2007; Nordstrom, 2015] и [González-Morales M. et.al. 2023]. Применение геохимического опробования без предварительной геофизической съёмки увеличивает количество точек отбора проб и трудозатраты при проведении геохимических исследований. Для изучения отвалов горно-обогатительных комбинатов используется метод электротомографии, за рубежом опыт его применения описан в работах «[Burton & Ball, 2010; Nearing et al., 2013], а

в России - в работах [Bortnikova et al., 2011, 2013; Yurkevich et al., 2015], [Эпов и др., 2017].

Отсутствие оперативно полученной информации о рельефе, распределении удельного электрического сопротивления отходов и границ хвостохранилища затрудняет организацию сети геоэлектрических исследований методом электротомографии. Применение электромагнитного профилирования при исследовании отходов горно-обогатительных комбинатов позволяет оперативно получать информацию о распределении удельного электрического сопротивления, но только в плане и в небольшом диапазоне глубин (первые метры). Развитие малогабаритных беспилотных летательных аппаратов и программного обеспечения для фотограмметрической обработки ортофотоснимков даёт возможность за два часа построить ортофотоплан и цифровую модель рельефа на площади более 10000 квадратных метров. При этом точности построения цифровой модели рельефа достаточно, чтобы эту информацию можно было применять для построения геоэлектрических моделей с учётом рельефа по данным электротомографии. Из-за недостатка научно-обоснованных методик проблематично полноценно сравнивать между собой различные по типу хвостохранилища, делать выводы о наличии путей миграции опасных веществ и связи состава отходов с их удельным электрическим сопротивлением.

Разработка методики совместного применения вышеперечисленных методов позволяет использовать преимущества каждого из них для создания эффективного инструмента оценки объёма веществ в хвостохранилищах горно-обогатительных комбинатов.

Цель проведённых соискателем исследований – разработка методики оценки объёмов полезных и потенциально токсичных веществ хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов на основе применения электротомографии и электромагнитного профилирования совместно с результатами геохимического опробования и аэрофотосъёмкой.

Научная новизна результатов

В рамках реализации поставленной цели соискателем получены следующие новые результаты.

Впервые построены геоэлектрические и структурные модели исследуемых объектов на хвостохранилищах Кемеровской области на основе применения комплекса методов аэрофотосъёмки, электромагнитного профилирования и электротомографии.

Разработана методика совместного применения и обработки результатов методов электромагнитного профилирования, электротомографии, геохимического опробования и аэрофотосъёмки при построении структурных моделей хвостохранилищ для оценки объёма отходов. Новизна разработанной методики заключается в следующем:

- использовании данных аэрофотосъёмки для построения верхней границы хвостохранилищ;

-применении карты кажущегося удельного электрического сопротивления по данным электромагнитного профилирования для оптимизации геохимического опробования по площади и построения сети профилей для метода электротомографии, определения границ хвостохранилищ в плане;

-построении стартовой модели по результатам геохимического опробования в шурфах для одномерной инверсии данных электротомографии с использованием программы Ip2Win с фиксированными параметрами (удельного электрического сопротивления и/или мощность слоя);

-использовании полученных в результате одномерной инверсии границ геоэлектрических слоев для двумерной автоматической инверсии данных электротомографии в заданных пределах.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Получены новые знания о структуре изучаемых объектов, определены верхние и нижние границы хранилищ отвалов. Для Белоключевского и Талмовских песков посчитаны общие объёмы отходов, на Белоключевском отвале выявлены пути миграции минерализованных растворов в грунтовые воды под тело насыпи.

Разработанная методика позволяет оценить объём хвостохранилищ на основе последовательного применения методов аэрофотосъёмки, электромагнитного профилирования, электротомографии и геохимического опробования шурфов. В результате применения комплексного подхода определяются границы исследуемого объекта, строятся структурные модели хвостохранилища.

Достоверность

Достоверность полученных результатов подтверждается всесторонним анализом выполненных ранее научных исследований, верификацией данных электротомографии (26 геоэлектрических разрезов) результатами геохимического опробования в шурфах и численным моделированием, верификацией данных частотного электромагнитного профилирования (общая площадь исследования 15000 м²) результатами геохимического опробования по площади для хвостохранилищ различного типа формирования, апробацией полученных результатов на российских и международных конференциях.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения и списка литературы. Полный объём диссертации 89 страниц, включая 46 рисунков и 4 таблицы. Список цитируемой литературы включает 100 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и научная задача исследования, перечислены защищаемые научные результаты, показана их новизна, определена научная и практическая ценность.

Первая глава является обзорной частью работы, в которой рассмотрены различные подходы к изучению хвостохранилищ, проанализированы

результаты применения различных методов (электроразведочных и георадиолокационных) при исследовании техногенных объектов и сделаны выводы о возможностях развития применяемых подходов для решения экологических задач.

Во второй главе описаны выбранные методы исследования хвостохранилищ и программное обеспечение для обработки данных этих методов.

В третьей главе представлены результаты проведённых исследований на четырёх хвостохранилищах различного типа формирования.

Основные результаты диссертации достаточно полно отражены в 12 публикациях, 3 из которых в журналах, входящих в перечень ВАК.

Замечания по диссертационной работе

Автореферат несколько отличается от текста диссертации порядком рассмотрения изучаемых объектов, что затрудняет ознакомление с работой.

Автор утверждает, что достоверность данных подтверждается верификацией данных электротомографии результатами геохимического опробования в шурфах, однако такой метод не подтверждает результаты на весь диапазон глубин исследования. Это же замечание относится к методу частотного электромагнитного профилирования.

В тексте автореферата подсчитанные объёмы вещества хвостохранилищ приведены с 5-6 значащими десятичными цифрами, в тексте диссертации 3 значащими цифрами. Такая точность заведомо недостижима для любого из применённых в работе методов, как по отдельности, так и в комплексе. Кроме того, полученные значения масс меньше тонны можно было не приводить, как несущественные, а сами оценки дать в виде диапазона значений, по причине ограниченной точности подсчёта.

Автор утверждает, что установленные корреляционные связи подтверждают эффективность применяемых методов, однако в тексте не сказано как, на основании каких предположений и какой теоретической модели полученные коэффициенты корреляции подтверждают эффективность. Кроме того, не оценивается статистическая значимость полученных зависимостей с учётом объёма выборки экспериментальных данных, а корреляционная матрица приведена только для одного изученного объекта.

Общее заключение по диссертации

Высказанные в Отзыве замечания не снижают общей ценности работы. Диссертационная работа Карина Ю.Г. «Экспресс методика построения моделей для оценки объемов вещества хвостохранилищ по данным электротомографии, электромагнитного профилирования и аэрофотосъемки» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена важная научно-практическая задача: разработана комплексная методика оценки объёмов полезных и потенциально токсичных веществ хвостохранилищ горно-обогатительных

комбинатов на основе применения электротомографии, электромагнитного профилирования, геохимического опробования и аэрофотосъёмки.

Диссертация соответствует критериям, установленным п.9 Положения о присуждении учёных степеней (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842) для учёной степени кандидата наук, а её автор Ю.Г. Карин достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 – «Геофизика».

Отзыв составлен старшим научным сотрудником лаборатории электрометрии ИГФ УрО РАН, к. т. н. Коноплиным Алексеем Дмитриевичем.

Согласен на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку и передачу.

С.н.с, канд. техн. наук
Коноплин Алексей Дмитриевич
Институт геофизики УрО РАН



Диссертация, автореферат и Отзыв рассмотрены и обсуждены, Отзыв одобрен в качестве отзыва ведущей организации на секции по электромагнитным методам и математической геофизике Учёного совета Института геофизики УрО РАН 25 февраля 2025г., протокол № 2.

Присутствовало 12 человек, с правом решающего голоса - 10, из них 2 доктора и 8 кандидатов наук.

Результат голосования: «за» - 10, «против» - 0, «воздержалось» - 0 чел.

Согласны на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку и передачу.

Председатель секции по электромагнитным методам и математической геофизике Учёного совета Института геофизики УрО РАН,
Заведующий лабораторией математической геофизики, член-корреспондент РАН, доктор физ.-мат. наук
Мартышко Пётр Сергеевич

Учёный секретарь секции
Горшков Виталий Юрьевич

