

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Карина Юрия Григорьевича

ЭКСПРЕСС МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЪЕМОВ ВЕЩЕСТВА ХВОСТОХРАНИЛИЩ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ И АЭРОФОТОСЪЕМКИ
по специальности 1.6.9 – геофизика. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

1. Актуальность темы диссертации, представленной соискателем на рассмотрение, у оппонента не вызывает сомнения. Актуальность работы обусловлена необходимостью решения проблемы создания современной замкнутой технологии, основанной на применении электроразведочных методов, а также аэрофотосъемки и геохимических методов для оценки объемов и состава загрязненных грунтов заброшенных или законсервированных хвостохранилищ. Поскольку в нашей стране в постперестроечное время, в начале девяностых годов XX века проблема утилизации вредных отходов горнодобывающего производства была оставлена на долгие годы без внимания, накопилось огромное количество проблем, связанных с оценкой их состояния для принятия проектных решений по их ликвидации. Известно, что около 223 миллиардов тонн отходов горного производства располагаются примерно в 30 000 хвостохранилищ по всему миру. Множество хвостохранилищ находятся под реальной угрозой разрушения ограждающих дамб и протечек вредных веществ. По оценкам специалистов до одной трети всех хвостохранилищ мира в той или иной степени повреждены, и нуждаются в срочном вмешательстве. Шесть лет назад вблизи посёлка Щетинкино в Курагинском районе Красноярского края прорвало одну из дамб золотодобывающей артели «Сисим». Селевой поток разрушил четыре нижних дамбы и хлынул многометровой волной на вахтовый посёлок предприятия. В результате было затоплено два общежития и хозяйственные постройки. Погибли 17 сотрудни-

ков «Сисима», ещё три человека пропали без вести. В связи с достаточно большим числом таких объектов к настоящему времени возникла острая проблема решения этой важной государственной задачи. Автор диссертационной работы разработал логичную и надежную технологию предварительного обследования хвостохранилищ, вышедших из эксплуатации, и доказал эффективность решения этой сложной технической проблемы на ряде реальных объектов, расположенных в пределах Кемеровской области.

Кроме этого, необходимо указать на то, что старые хвостохранилища могут являться источниками рудных запасов, таких как золото и серебро. В прошлом золотодобытчиков интересовали только огромные концентрации металла, а сейчас сравнительно невысокие концентрации золота уже являются промышленными. Поэтому оценка этих запасов также является чрезвычайно важной и актуальной задачей.

2. Защищаемый научный результат:

Защищается **методика совместного применения и обработки данных электромагнитного профилирования, электротомографии, геохимического опробования и аэрофотосъемки при построении структурных моделей хвостохранилищ для оценки объема вещества отходов.** Автором предложена сравнительно простая и надежная технология комплексного обследования хвостохранилищ, которая позволяет выполнить всестороннее изучение трехмерной геометрии, распределения электрических свойств, построения структурной модели хвостохранилища, определения мест для отбора химических проб, коррекции результатов электротомографии с помощью одномерной интерпретации ВЭЗ в диалоговом режиме и оценки объема вредных веществ и полезных минералов в составе общей массы отходов.

Выполненное исследование направлено на решение сугубо важной хозяйственной задачи, так как подобные экологические изыскания имеют конечную цель ликвидации хвостохранилища и прекращения угроз вредного воздействия объекта на окружающую среду. Поэтому в данном случае очень

важным является оценка объема загрязняющих веществ, их подробный список и химическое состояние, в котором состоят эти вещества. Для ликвидации загрязнения необходимо заранее понимать, какой химически-технологический промышленный цикл необходимо развернуть, и какой мощности предприятие должно быть сооружено для ликвидации данного объекта.

3. Научно-практические результаты.

- 1) Автором в результате выполненных разработок на хвостохранилищах Кемеровской области впервые применен комплекс методов аэрофотосъемки, электромагнитного профилирования и электротомографии для построения геоэлектрических и структурных моделей исследуемых объектов. Разработана методика совместного применения и обработки результатов методов электромагнитного профилирования, электротомографии, геохимического опробования и аэрофотосъемки при построении структурных моделей хвостохранилищ для оценки объема отходов.
- 2) Автором разработана новая методика, которая заключается в следующем:
 - использование данных аэрофотосъемки для построения верхней границы хвостохранилищ;
 - применение площадного картирования с помощью электромагнитного профилирования для оптимизации геохимического опробования по площади и построения сети профилей для метода электротомографии, определения границ хвостохранилищ в плане;
 - построение стартовой модели по результатам геохимического опробования в шурфах для одномерной инверсии данных электротомографии с помощью программы Ip2Win с фиксированными параметрами геоэлектрического разреза;
 - использование полученных в результате одномерной инверсии границ геоэлектрических слоев для двумерной автоматической инверсии данных электротомографии в заданных пределах с помощью программы Res2dInv.

- 3) Автором впервые оценены количество и объем полезных и потенциально токсичных элементов: железа, меди, цинка, золота, мышьяка и ртути для Белоключевского отвала с применением методов электротомографии и электромагнитного профилирования.
- 4) Автором предложен подход к обработке данных электротомографии, который заключается в построении стартовой модели на основе данных геохимического опробования шурфов. Затем проводится одномерная инверсия данных электротомографии с фиксированными параметрами, с целью определения границ выделяемых слоев, с учетом стартовой модели. Полученные границы используются для проведения двумерной инверсии данных электротомографии в заданных пределах в программе Res2dInv. Такой подход позволяет повысить приближенность получаемых двумерных моделей к истинному строению исследуемого объекта.
- 5) Автором построены геоэлектрические и структурные модели некоторых участков хвостохранилищ. Получены новые знания о структуре изучаемых объектов, определены верхние и нижние границы хранилищ отвалов: для Белоключевского и Талмовских Песков посчитаны общие объемы отходов, выявлены пути миграции минерализованных растворов за пределы объектов на Белоключевском отвале в грунтовые воды под телом насыпи и на Дюковом Логе через дамбу вниз по склону, а также определены усредненные количества различных элементов в изучаемых хвостохранилищах. Так, для Белоключевского отвала общее количество железа составляет более 11 тысяч тонн, меди и цинка – более 15 тонн, золота – 112 кг, при этом содержание потенциально токсичных веществ, таких как мышьяк и ртуть – 63 и 15 тонн соответственно.

Развитие изучения комплексных экосистем Западной Сибири началось с применением геохимических и электроразведочных методов на отвале отходов Салаирской свинцово-цинковой обогатительной фабрики Дюков Лог в 2005 году. Применение методов электроразведки позволило визуализировать и сделать количественные оценки строения техногенных систем, бла-

годаря геохимической дифференциации веществ за время хранения сульфид-содержащих отходов и как результат проявление градиентной зональности УЭС: значения УЭС до 20 Ом·м соответствуют слабоокисленным тонкозернистым отложениям, а трансформированные горизонты характеризуются УЭС свыше 20 Ом·м. Успешное применение метода электротомографии основано на том, что тонкоизмельченные отходы, пропитанные минерализованным поровым флюидом, имеют высокую электропроводность по сравнению с электропроводностью вмещающей среды.

Выполнены исследования на заброшенном хвостохранилище Комсомольский гидроотвал, который представляет собой котловину, заполняющуюся общим стоком золотоизвлекательного завода (Саева О.П. Взаимодействие техногенных дренажных потоков с природными геохимическими барьерами. Диссертация на соиск.уч.степени канд.геол-мин.наук, 2015). Количество накопленного материала составляет порядка 1 млн.м³. Является местом отдыха, купания и рыбной ловли для местного населения.

Автором выполнены детальные геофизические съемки на хвостохранилище Талмовские Пески, которые представляют собой узкую (до 30 м) ленту «песков» протяженностью около 8 км, в непосредственной близости от которых протекает р. Малая Талмовая (Хусаинова и др. Золото и серебро в техногенно-минеральных образованиях хвостохранилища Талмовские Пески (Салаирский край). Металлогения древних и современных океанов, 2021, с.105-109). Мощность техногенных отложений не превышает 3 м. В разрезе хвостохранилища на глубине 60–80 см выделяется железистый горизонт с повышенным содержанием Au и Ag: 5.32 и 53.7 г/т, соответственно.

4. Замечания по диссертационной работе

Стр. 23. Почему и каким образом кажущиеся сопротивления ЭМС в диапазоне до 50 Ом·м должны соответствовать кажущимся сопротивлениям ЭТ - не доказано. Но если это так, то нужно было показать на конкретном примере.

Стр.24. «...в станцию загружается протокол измерений, в котором со-

держится информация, какой электрод в каком порядке подключается к генераторным или измерительным выводам». Этот абзац, посвященный рабочему протоколу, нужно было описать аккуратней. Не указано, какой конкретно станцией «Скала» пользовался автор. В зависимости от этого описание протокола может быть разным.

Стр.54 «Одномерная инверсия данных ЭМП позволяет получить геоэлектрическую модель изучаемого объекта, близкую к модели по данным ЭТ.» Как выполняется одномерная инверсия ЭМП и, если такое сравнение между ЭМП и ЭТ сделано, то его надо было показать.

На этой же странице автор пишет: «Завершение разработки ПО Nemfis1D или создание аналогичного продукта для инверсии данных аппаратуры ЭМС позволит в будущем отказаться или значительно сократить объемы измерений методом ЭТ при изучении отходов на глубину до 10 м.» Категорически так писать нельзя. Работа либо сделана, либо – нет.

Рис.28. Какими грунтами представлено основание отвала? По мнению оппонента, мощности отвалов преувеличены. Естественный склон бортов на берегу по профилю 2, который мы видим на рис. 28, примерно соответствует 12° . Как только склон обрывается в карьер, наклон возрастает до 45° , что, вероятно, связано с особенностями автоматической инверсии. Поэтому в районе ПК 100-120 мощность может быть сильно завышена.

Стр.63 . **3.4. Комсомольский гидроотвал.** В работе автор указывает: «Объем отходов по априорной информации составляет порядка 1 млн. м³. Часть отходов состоит из кварца, полевого шпата, кальцита и сульфидных минералов (пирит, сфалерит, галенит, пирротин и арсенопирит)» [Бортникова и др., 2006]. «В результате складирования отходов над поверхностью твердой части образовалось техногенное озеро площадью 100 тыс. м².» Несложный расчет показывает, что под озером мощность отходов должна быть около 10 м. А все исследования, выполненные автором, имеют глубинность не более 3-4 м. Стартовая модель на рис. 40 имеет для отходов всего 1.5 м. Возникает вопрос относительно локализации основной массы отходов. Возможно, площадь складирования отходов была значительно больше. Этот вопрос требует специального разъяснения.

Все разрезы УЭС на рис.32-38 раскрашены по-разному и их трудно сопоставлять.

Рис.39. Не понятен смысл сопоставления удельных сопротивлений двумя электроразведочными станциями. Видимо, здесь есть какая – то методическая причина, но Ю.Г.Карин ее не объяснил. Обычно резистивиметром называют прибор, с помощью которого можно измерить удельное электрическое сопротивление воды. По техническим параметрам прибор Miller 400D является измерителем резистанса, то есть отношения $\Delta U_{mn}/I_{ab}$. Для того, чтобы рассчитать кажущееся сопротивление, нужно умножить результат на геометрический коэффициент. Чем это лучше или хуже результатов «Скалы» неясно, если применялись одинаковые установки. А результаты получились не очень убедительные. Опять нет указаний на то, какие были установки и разносы, как выполнены измерения. В итоге построена стартовая модель из 4-х слоев на рис.40. Как соответствуют результаты на рис.39 и рис.40 до конца не объяснено.

На рис.43 пропал слой дерна.

Стр.79.3.5 Описание методики построения структурных моделей. Предлагаемый методический прием предварительной интерпретации электрических зондирований с помощью программ 1D-интерпретации заслуживает отдельного внимания. На взгляд оппонента – это очень удачный путь для улучшения двумерной интерпретации данных ЭТ, но только после специальной обработки. Здесь есть опасность, которую необходимо избежать: если результаты ЭТ подвержены искажениям в виде Р- и С-эффектов, то с этими явлениями будут внесены дополнительные ошибки в геоэлектрические разрезы. Если разрезы одномерные, то тогда двумерная инверсия не нужна. При этом при послойной интерпретации вручную можно добиться более четкого результата.

Безусловно, предложенная технология является современным воплощением пошаговой реализации достижения результата по оценке состояния хвостохранилищ. Но требуется произнести одну существенную оговорку: эта технология пригодна только для сухих хвостохранилищ. Достаточно большая часть отходов хранится в виде флюида или преднамеренно покрыта водой.

Очевидно, что в последнем случае нужно применять последовательность иных геофизических методик для изучения подобных объектов.

Отмеченные замечания и недостатки несколько снижают качество выполненного исследования, но они не влияют на главные научные и практические результаты. Соискатель выполнил большую работу, которая включала отбор наиболее информативных геофизических методов, сформировал последовательность выполнения исследований, провел опытно-методические и полевые исследования на нескольких объектах, и таким образом продемонстрировал способность решать современные научно-технические проблемы геофизики.

Диссертация Ю.Г.Карина является завершенной научно-исследовательской работой. Она выполнена на высоком техническом и методологическом уровне и имеет четкую практическую направленность в области экологической и технической геофизики. Диссертационная работа Ю.Г.Карина является важным этапом создания методики современной малоглубинной геофизики. Результаты работы можно трактовать как новое решение важной научно-технической проблемы, имеющей важное значение для экологической, инженерной и технической геофизики.

Диссертация Ю.Г.Карина соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а также требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Несмотря на высказанные замечания оппонента, научная новизна и защищаемые результаты диссертационного исследования, его практическая значимость и достоверность приведенных данных не вызывают сомнения в том, что данная работа является значительным научным вкладом автора в развитие малоглубинной геофизики для решения задач экологической и технической геофизики. Автореферат диссертации соответствует диссертации и обсуждаемым защищаемым положениям и отражает основные выводы, полученные автором. Диссертация соответствует паспорту специальности 1.6.9 – «Геофизика» согласно пунктам 21 и 27.

Диссертация Ю.Г. Карина соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а также требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор **Карин Юрий Григорьевич** заслуживает присуждения **учёной степени кандидата технических наук** по специальности 1.6.9 – геофизика.

Официальный оппонент:

Модин Игорь Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры геофизических методов исследования земной коры геологического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Контактные данные: тел.: 8-495-939-49-63, e-mail: imodin@yandex.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых.

Адрес места работы: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д.1, Ц-03, МГУ имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геофизических методов исследования земной коры. Тел.: 8-495-939-13-01;

E-mail: dean@geol.msu.ru

Я, Модин Игорь Николаевич, автор отзыва, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Модин Игорь Николаевич

М. Модин 5.03.2025
(подпись, дата)

