

УТВЕРЖДАЮ
Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института геофизики им. Ю.П. Булашевича
Уральского отделения Российской академии наук

К.Г.-М.Н.,
Козлова И. А.

« 28 » _____ 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Института геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН на диссертационную работу **Осиповой Полины Сергеевны «Обоснование применения метода электротомографии для поисков и разведки аллювиальных россыпей золота»**, представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.6.9 – «Геофизика».

Актуальность исследований

Для поиска россыпных месторождений золота, а также разведки техногенных россыпей при определении границ целиков применяют электроразведочные методы на постоянном токе, такие как вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ) и электропрофилирование (ЭП). Современной высокотехнологичной модификацией этих методов является электротомография (ЭТ), позволяющая изучать сложно построенные среды. Но она не регламентирована нормативной базой. Актуальность исследований, изложенных в диссертации, заключается в обосновании возможностей и разработке методических подходов применения электротомографии при поисках и разведке аллювиальных россыпей золота.

Цель и задачи исследований

Целью исследования является обоснование целесообразности применения метода электротомографии для поиска и разведки аллювиальных россыпей золота на основе численного, физического моделирования и полевого эксперимента.

Для достижения цели были поставлены научные задачи:

1. Разработать геоэлектрическую модель аллювиальной россыпи на основе анализа строения речных долин и фациального состава отложений.

2. Установить оптимальные параметры сети наблюдения методом электротомографии для картирования русловой фации аллювия при поисковых и разведочных работах на россыпное золото.

3. Определить геоэлектрические критерии выделения рекультивированных полигонов в пределах отработанных россыпей и оконтуривания нетронутых участков (целиков).

Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертационной работы 109 страниц, включая 2 таблицы, 42 рисунка, список литературы из 91 наименования и 1 текстовое приложение.

Научные исследования изложены в пяти главах диссертации. В первой главе рассмотрены формирование аллювиальной россыпи и ее основные морфологические типы. Приводится геологический разрез распределения фаций аллювиальных отложений и типовой разрез россыпи с распределением золота. Максимальное количество металла откладывается в фации плесов и перекатов. Таким образом, объектом геофизических исследований при поисках и разведке золотоносных аллювиальных россыпей являются структуры, сложенные отложениями русловой фации аллювия – песками, галькой, валунами. Приводится описание и геологическая модель техногенной россыпи.

Во второй главе отражено современное состояние поисков и разведки россыпей золота геофизическими методами. В основном применяются методы электроразведки на постоянном токе: ВЭЗ, ЭП, а также электромагнитные методики: ЗМПП, георадиолокация. Автор подробно анализирует опыт использования электротомографии для решения поставленной задачи российскими и зарубежными исследователями и, исходя из анализа, формулирует научные задачи диссертационной работы.

В третьей главе предложена и обоснована геоэлектрическая модель аллювиальной россыпи золота на основе геологической модели по Кухаренко. Для выбранной модели выполнено прямое численное моделирование зондирований методом электротомографии трехэлектродными прямой и обратной установками с использованием программы ZondRes2D версии 6.0. Расчетные данные проинтерпретированы в программе двумерной инверсии Res2DINV методом «robust model constrained inversion method». Получен геоэлектрический разрез, восстанавливающий исходную модель россыпи. Также выполнено трёхмерное численное моделирование электротомографии на объёмной модели аллювиальной россыпи по программам ZondRes3D, Res3DINV. По результатам моделирования высокоомная россыпь четко выделяется на геоэлектрических разрезах и планах.

В этой же главе рассмотрены исследования по физическому 3-D моделированию электротомографии на долине реки с палеоруслом,

результаты которого подтверждаются численным моделированием. Установлено, что в плане русловая фация выделяется высокоомной лентообразной аномалией. Приведены результаты полевых экспериментов на эксплуатируемом месторождении ручья Кичаваям, где полученный по ЭТ геоэлектрический разрез соотносится со стенкой разведочной траншеи и подтверждает, что высокоомные аномалии соответствуют русловой фации, перспективной на золото. Рассмотрены результаты применения ЭТ на аллювиальных россыпях в условиях низкоомного, высокоомного плотиков и в условиях льдистых пород. По исследованиям, представленным в третьей главе, формулируется первый защищаемый результат.

В четвертой главе приведены результаты исследований по определению параметров сети наблюдения для картирования палеорусл в рамках второй научной задачи диссертации. Сеть геофизических наблюдений должна быть оптимальной и позволять определить геометрические параметры объекта исследования при наименьших затратах средств. По площадным зондированиям ЭТ на физической модели палеорусл выполнена 3-D инверсия для разной сети наблюдений, показаны возможности картирования русловой фации с разным шагом измерений, подтверждающиеся численным моделированием и полевыми экспериментами. По результатам площадной съёмки электротомографии приведён пример расчёта прогнозных ресурсов аллювиальной россыпи золота по категории P_1 . Сформулирован второй защищаемый результат.

В пятой главе приведены результаты выполненных исследований, поставленных в третьей научной задаче, – критерии выделения рекультивированных полигонов в пределах отработанных россыпей и оконтуривание целиковых участков. На основе геологического представления аллювиальной россыпи в естественном залегании и рекультивированного полигона предложены геоэлектрические модели, выполнено 2-D моделирование зондирований методом ЭТ над этими моделями и установлены критерии выделения рекультивированного слоя и целика. Результаты моделирования подтверждаются полевыми исследованиями на нескольких отработанных полигонах. Сформулирован третий защищаемый результат.

В рамках реализации поставленной цели диссертантом получены следующие научные результаты.

1. На основе геологического строения долины реки с учетом фациального состава отложений разработана геоэлектрическая модель аллювиальной россыпи золота и выполнено численное моделирование электрических зондирований методом электротомографии, подтверждающее высокую разрешающую способность ЭТ в выделении высокоомными аномалиями на геоэлектрических разрезах фаций песков и плесов,

перспективных на золотоносность. Физическое и численное моделирование показало, что в плане высокоомные аномалии имеют ленточную структуру.

2. Площадными зондированиями электротомографией на физической, синтетической и натурной моделях русловой фации с последующей 3-D инверсией полученных данных установлено, что при поиске аллювиальных отложений оптимальный масштаб картирования должен быть не мельче 1:5000, а при детальных поисках 1:3000.

3. Обоснованы геоэлектрические модели, описывающие строение отработанных полигонов, определены геоэлектрические критерии выделения рекультивированных полигонов в пределах отработанных россыпей и оконтуривания целиков. Показано, что критерием распознавания рекультивированного полигона является выдержанный по мощности и удельному электрическому сопротивлению (УЭС) слой в верхней части геоэлектрического разреза, а целик выделяется высокоомной аномалией в палеорусле.

Достоверность полученных результатов определяется корректным численным и физическим моделированием, а также полевыми экспериментами при поисковых работах на лицензионных площадях в республике Бурятия, Иркутской, Кемеровской и Томской областях, Алтайском, Забайкальском и Камчатском краях. Полевые эксперименты проведены на 9 участках в разных регионах страны. Общий объем измерений составил более 70 погонных километров. На площади в Иркутской области данные ЭТ использованы для оценки прогнозных ресурсов по категории P_1 .

Результаты исследований могут быть предложены в качестве методических рекомендаций применения метода электротомографии при поиске и разведке россыпных аллювиальных месторождений золота, а также для оценки прогнозных ресурсов аллювиального золота по категории P_1 .

Практическая ценность проведенных исследований подтверждена актами и справками о внедрении, в которых отмечено, что использование результатов диссертанта позволяет повысить качество геолого-разведочных работ, сократить затраты на буровые работы, увеличить эффективность горных работ.

Замечания по диссертации

1. В разработанной геоэлектрической модели аллювиальной россыпи удельное электрическое сопротивление фации плесов и перекатов, содержащих золото, составляет 800 Ом·м, в научной новизне они определяются с УЭС 300-1000 Ом·м. По результатам полевых исследований УЭС валунно-галечных отложений русловой фации имеют значения более 1000 Ом·м: на участке Кичаваям 1000-3000 Ом·м; на реке Ануй 700-2000 Ом·м; на реке Средняя Иликта 3000-7000 Ом·м. В геоэлектрической модели рекультивированного полигона с включением палеорусла, целику задается УЭС 2500 Ом·м. Не объясняется выбор

заданного в моделях значения удельного сопротивления валунно-галечных отложений аллювиальной россыпи.

2. Численное и физическое моделирование выполнено трехэлектродной прямой и обратной установкой, которая дает высокое разрешение в двумерной и трехмерной инверсии. В полевых экспериментах почему-то чаще всего применялась установка Шлюмберже с шагом между электродами 5 метров, что при залегании русловой фации на малых глубинах может приводить к большим погрешностям при интерпретации.
3. Не рассмотрено влияние положения удаленного электрода в инверсии данных физического моделирования.
4. В разделе «Теоретическая и практическая значимость» диссертант предлагает использовать ЭТ для прогнозных ресурсов по категории P_1 . В разделе 4.4 прогноз ресурсов аллювиального золота по результатам площадной съемки ЭТ обозначается как P_2 .

Заключение

Сделанные замечания не умаляют значения проведенных исследований, диссертация выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной, внутренним единством и содержит решение научной задачи - обоснование целесообразности применения метода электротомографии для поиска и разведки аллювиальных россыпей золота. Защищаемые результаты достаточно полно раскрываются в диссертации, автореферате и в работах, опубликованных в научных изданиях, в том числе в 3 рецензируемых журналах из перечня ВАК и 5 сборниках материалов конференций.

Представленная диссертация «Обоснование применения метода электротомографии для поисков и разведки аллювиальных россыпей золота» соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) для ученой степени кандидата геолого-минералогических наук, а ее автор - Осипова Полина Сергеевна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.9. Геофизика.

Отзыв составлен старшим научным сотрудником лаборатории экологической геофизики ИГФ УрО РАН Федоровой Ольгой Ивановной.

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

С.н.с., канд. геол.-мин. наук
Федорова Ольга Ивановна
Институт геофизики УрО РАН

Диссертация, автореферат и Отзыв рассмотрены и обсуждены, Отзыв одобрен в качестве отзыва ведущей организации на секции «Электромагнетизм, математическая геофизика» Учёного совета Института геофизики УрО РАН 28 августа 2025 г., протокол № 3.

Присутствовало 10 человек, с правом решающего голоса – 10, из них 2 доктора и 7 кандидатов наук.

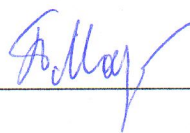
Результат голосования: «за» – 9, «против» – 0, «воздержалось» – 1 чел.

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



Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича Уральского отделения Российской академии наук (ИГФ УрО РАН).

Адрес: 620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, д. 100

Телефон +7 (343) 267-88-68

e-mail: igfuroran@mail.ru

ИНН 6661000392 / КПП 667101001

ОГРН 1036603981919 / ОКВЭД 72

ОКПО 04683384 / БИК 046577001

