

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГиТ)

XIII Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2017

Международная научная конференция

**НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ. ГОРНОЕ ДЕЛО.
НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ПОИСКА,
РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. ЭКОНОМИКА.
ГЕОЭКОЛОГИЯ**

Т. 3

Сборник материалов

Новосибирск
СГУГиТ
2017

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, академик РАН,
директор Института нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

М. И. Энов

Доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, председатель Президиума
Кемеровского научного центра СО РАН, Кемерово; научный руководитель Института
нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

А. Э. Конторович

Кандидат технических наук, директор Института горного дела
им. Н. А. Чинакала СО РАН, Новосибирск

А. С. Кондратенко

Кандидат геолого-минералогических наук,
генеральный директор АО «СНИИГГиМС», Новосибирск

А. С. Ефимов

Начальник департамента по недропользованию по Сибирскому федеральному
округу Федерального агентства по недропользованию «Роснедра», Новосибирск

А. И. Неволько

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр., 17–21 апреля
2017 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное
дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторожде-
ний полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология» : сб. материалов в 4 т.
Т. 3. – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – 239 с.

ISBN 978-5-906948-28-1 (т. 3)

ISBN 978-5-906948-25-0

ISBN 978-5-906948-11-3

В сборнике опубликованы материалы XIII Международного научного конгресса
«Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017», представленные на Международной научной конферен-
ции «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и раз-
работки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология».

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 622

ISBN 978-5-906948-28-1 (т. 3)

ISBN 978-5-906948-25-0

ISBN 978-5-906948-11-3

© СГУГиТ, 2017

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ МЕТОДОМ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ РУДОПОИСКОВЫХ ЗАДАЧ НА ПИЛЬНЕНСКОМ РУДНОМ ПОЛЕ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

Александр Сергеевич Калганов

Забайкальский государственный университет, 672039, Россия, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30, аспирант, e-mail: gravegro@yandex.ru

Евгений Юрьевич Юдицких

Забайкальский государственный университет, 672039, Россия, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий базовой кафедрой геофизики, тел. (302)235-70-54, e-mail: eug71@yandex.ru

Владимир Владимирович Оленченко

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией геоэлектрики, тел. (383)330-79-08, e-mail: OlenchenkoVV@ipgg.sbras.ru

Обсуждаются данные, полученные в ходе проведения работ методом электротомографии ВП при поисках промышленного золотого оруденения на одном из перспективных участков. Анализ графиков и разрезов удельного электрического сопротивления и поляризуемости, а также 3D-модели позволил выделить в плане и на глубине различные комплексы пород, тектонические нарушения и зоны вероятной золоторудной минерализации, связанные с разломными зонами и дайковым комплексом.

Ключевые слова: электротомография, метод сопротивлений, метод вызванной поляризации, геоэлектрический разрез, 3D-модель, золотое оруденение.

THE APPLICATION OF ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY INDUCED POLARIZATION METHOD TO SEARCH FOR ORE ON PILNENSKI ORE FIELD (TRANS-BAIKAL TERRITORY)

Alexander S. Kalganov

Zabaikalsky State University, 672039, Russia, Chita, 30 Alexandro-Zavodskya St., Ph. D. student, e-mail: gravegro@yandex.ru

Eugene Yu. Yudiskih

Zabaikalsky State University, 672039, Russia, Chita, 30 Alexandro-Zavodskya St., Ph. D., Head of the Laboratory of Geophysics, tel. (302)235-70-54, e-mail: eug71@yandex.ru

Vladimir V. Olenchenko

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Ph. D., Head of the Geoelectrical Laboratory, tel. (383)330-79-08, e-mail: OlenchenkoVV@ipgg.sbras.ru

Discusses the data obtained in the course of work by ERT for industrial gold mineralization conducted on the promising ore sector. The analysis of the spatial distribution of electrical resistivity and induced polarization with the use of geoelectric sections and 3-D models allowed mapping in

the plan and the depth position of various complexes of rocks. Tectonic faults and zones of potential gold mineralization associated with the dyke complex.

Key words: electrical resistivity tomography, resistivity method, induced polarization method, geoelectric section, 3-D model, gold mineralization.

Метод вызванной поляризации (ВП) показал высокую эффективность при поисково-разведочных работах на твердые полезные ископаемые. Он позволяет выделять породы, содержащие электропроводящие минералы, присутствие которых является поисковым признаком гидротермально или метасоматически измененных пород, часто вмещающих рудные тела [1].

Метод ВП основан на изучении вторичных электрических полей, источником которых являются физико-химические процессы, возбуждаемые в геологической среде электрическим током. Интенсивные поля ВП создаются над средами, содержащими рудные (электропроводящие) минералы. Во время пропускания тока на поверхности рудных минералов происходят физические превращения и химические реакции, приводящие к поляризации среды. После отключения тока в среде начинает устанавливаться равновесие, проявляющееся в спаде вторичного электрического поля и наличии на приемных электродах спадающей разницы потенциалов $\Delta U_{ВП}$. Различают быстрые и медленные процессы ВП. Первые протекают в микромиллисекундном временном диапазоне, вторые – в течение секунд, часов. Скорость спада переходной характеристики ВП во времени определяется электрохимическими свойствами геологической среды. Она несет информацию о минеральном составе рудного тела и зональных изменениях в контурах месторождений [2].

Электротомография методами сопротивлений и вызванной поляризации является одним из самых эффективных инструментов для поиска твердых полезных ископаемых [3, 4]. Нами электротомография методом ВП использовалась на одном из рудных месторождений Восточного Забайкалья.

Пильненское рудное поле локализуется в Карийском рудном узле. Золоторудная минерализация одного из участков Пильненского рудного поля приурочена к дайковым телам гибридных кварцевых порфиров (кварцевых диоритовых порфириров). Как по простиранию, так и по падению дайки гибридных кварцевых порфиров характеризуются протяженностью свыше 1 км, выдержанной мощностью (3–20 м), на отдельных участках они содержат наложенную золоторудную минерализацию, а на других контролируют ее развитие. Коренные породы перекрыты чехлом рыхлых отложений мощностью от первых до 10–15 м и более (в долинах рек) [5].

Исследования методом ЭТ-ВП были проведены на участке, расположенном в южной части рудного поля. Девятнадцать профилей в северной части участка проходили в северо-восточном направлении вкрест простирания основных геологических структур и располагались на расстоянии 10 м друг от друга, длина профилей составляла 645 м. Южная часть участка исследована девятью профилями длиной 950 м, расстояние между профилями составило 40 м.

Измерения выполнены аппаратурой Скала-64, разработанной в ИНГГ СО РАН и изготавливаемой в ООО «КБ Электromетрии». При измерениях применялись прямая и встречная трехэлектродные установки. Параметры ВП оценивались во временном диапазоне 20–160 мс. Рассчитывалась заряжаемость (C) среды. Для обработки, интерпретации и визуализации данных электротомографии были использованы программы Rippr, Res2Dinv, Res3Dinv и Voxler.

На рис. 1, а показаны графики кажущегося УЭС (ρ_k) и кажущейся заряжаемости (C_k) по профилю № 4, пересекающему разведочную канаву на интервале профиля 375–525 м.

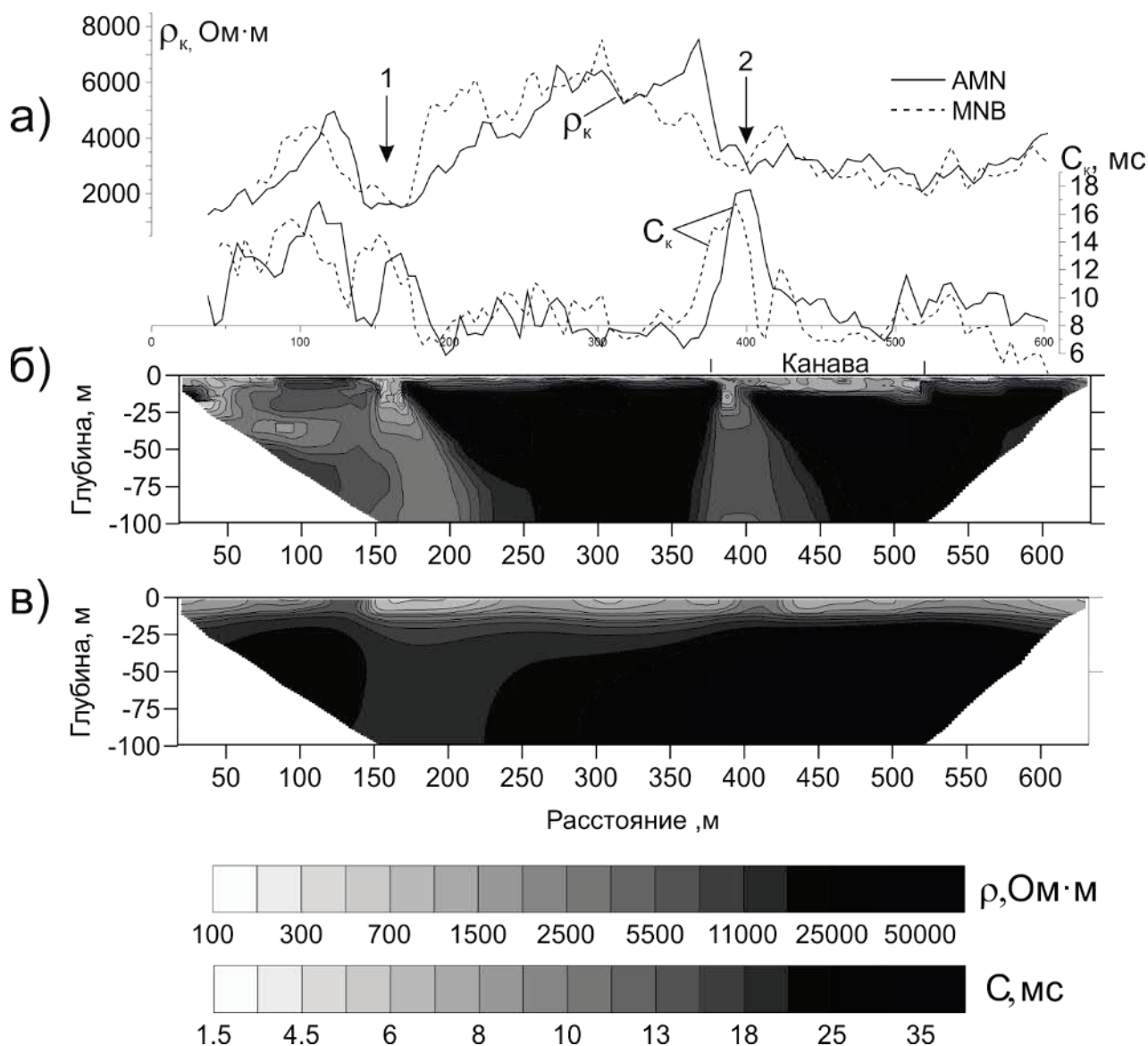


Рис. 1. Графики кажущихся УЭС (ρ_k) и заряжаемости (C_k) для прямой и встречной установок (а), геоэлектрический разрез (б) и разрез поляризуемости (в) по результатам 2D-инверсии данных электротомографии (прямая установка AMN)

Графики параметров приведены для прямой (AMN) и встречной (MNB) трехэлектродных установок для разноса $AO=30$ м. При таких разносах глубина исследований составляет около 10 м. На графиках кажущегося УЭС «прямыми» пересечениями выделяются зоны низкого УЭС №№ 1, 2. В выделенных зонах отмечаются аномалии заряжаемости до 17 мс на фоне 8 мс. Выделенные аномальные участки связаны с тектоническими нарушениями и золотосульфидной минерализацией, т. е. представляют собой рудные зоны. Рудная зона № 2 на рис. 1, а вскрыта канавой. Здесь установлена дайка гибридных диорит-порфиоров, внедрившаяся по разлому. В зальбандах дайки присутствует сульфидная минерализация.

Кроме выделенных локальных аномалий необходимо отметить область пониженного УЭС в начале профиля (50–100 м), сопровождающуюся протяженной аномалией поляризуемости (50–150 м). «Обратное» пересечение графиков прямой и встречной установок на ПК 100 м связано с линзой льдистых многолетнемерзлых пород, однако наличие аномалии ВП говорит о присутствии в этой зоне сульфидной минерализации. Мы уверены, что повышенная поляризуемость связана именно с электропроводящими минералами (сульфидами), а не с мерзлотой, так как мерзлые породы поляризуются на ранних – порядка 0,1 мс – временах [2], а заряжаемость среды в данном случае оценивается во временном интервале 20–160 мс.

Ниже графиков показаны разрезы УЭС и заряжаемости (рис. 1, б, в), построенные по результатам двумерной автоматической инверсии данных прямой (AMN) установки. На разрезе УЭС крутопадающими зонами низкого сопротивления выделяются тектонические нарушения, перспективные на оруденение. Отчетливо проявляются зоны на ПК 150–200 и 400 м. Высокое УЭС вмещающей толщи обусловлено не только составом (граниты), но и мерзлым состоянием пород.

В интервале 375–525 м хорошо заметно, что присутствие разведочной канавы привело к протаиванию ММП, что выразилось в уменьшении УЭС с десятков тысяч до 1000–2000 Ом·м. В начале профиля в интервале 0–200 м разрез характеризуется пониженным УЭС, что является признаком зоны дробления. На разрезе заряжаемости в этой области отмечается повышение параметра С до 24 мс на фоне 20 мс. Максимальная заряжаемость (до 40 мс) характерна для пород на интервале 400–600 м. Здесь профиль по касательной пересекает Пильненский широтный разлом, и присутствие бедной сульфидной минерализации в зоне разлома отмечается повышением заряжаемости.

На рис. 2 показана 3D-модель участка исследований. Вмещающие граниты характеризуются очень высоким (от 5 до 100 и более кОм·м) УЭС. Среди этой высокоомной толщи зонами низких УЭС (от 2 кОм·м и ниже) выделяются зоны дробления, по которым происходило внедрение рудоносных гидротермальных растворов. Объемная модель дает возможность локализовать перспективные на золото участки в пределах площади исследований.

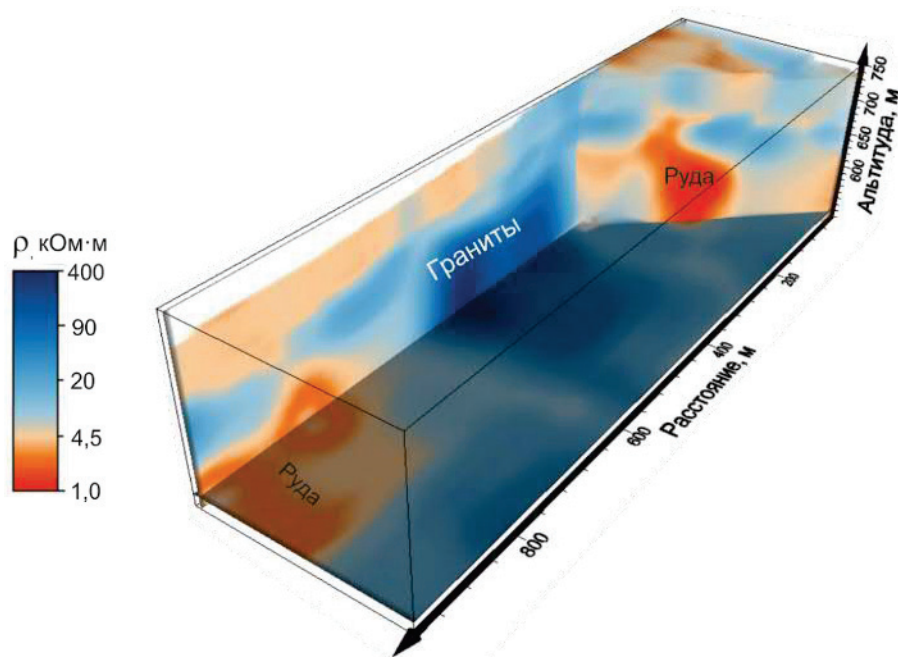


Рис. 2. Объемная модель УЭС на участке исследований по данным 3D-инверсии. Пильненское рудное поле

Таким образом, в результате исследований установлено, что по данным ЭТ рудные зоны, приуроченные к зонам дробления, выделяются локальными аномалиями пониженного УЭС. В некоторых случаях аномалии УЭС сопровождаются аномалиями заряжаемости, вызванными сульфидной минерализацией. Объемная модель распределения УЭС дает возможность проследить особенности строения рудных зон, оконтурить перспективные участки и с учетом данных опробования разведочных канав оценить прогнозные ресурсы площади исследований по категории P_1 .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коробейников А.Ф. Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 253 с.
2. Карасев А.П., Птицын А.Б., Юдицких Е.Ю. Быстрые переходные процессы вызванной поляризации. – Новосибирск: Наука, 2005. – 291 с.
3. Куликов В.А., Бобачев А.А., Яковлев А.Г. Применение электротомографии при решении рудных задач до глубин 300-400 м // Геофизика. – 2014. – № 2. – С. 39–46.
4. Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации / А.А. Бобачев, А.А. Горбунов, И.Н. Модин, В.А. Шевнин // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2006. – № 2. – С. 14–17.
5. Изучение условий локализации золотого оруденения формации средних глубин на ряде месторождений Балейского и Карийского районов с целью его прогнозирования на глубину. Окончательный отчет по теме / В.Е. Тупяков, Д.И. Розов, М.М. Озерова и др. – Чита: ЗабНИИ, 1981 – 293 с.

© А. С. Калганов, Е. Ю. Юдицких, В. В. Оленченко, 2017