

Электротомография флангов кварц-золотосульфидного месторождения: опыт применения в Восточных Саянах (Россия)

В.В. Оленченко* (ИНГГ СО РАН, НГУ), А.Н. Шеин (ИНГГ СО РАН, ЗабГУ), А.С. Калганов (ЗабГУ)

Введение

Метод электротомографии в различных модификациях успешно применяется при поисках и разведке рудных месторождений во многих странах (Tatkov et al. 2014, Anthony 2012, Bery et al. 2012, Moreira et al. 2016, Park et al. 2009, Nasreddine et al. 2013, Gharibi et al. 2012). Лучший результат получается при использовании площадной схемы наблюдения, когда строятся трёхмерные модели распределения удельного электрического сопротивления (УЭС) и поляризуемости пород и руд. Карты этих электрофизических параметров и объёмные модели дают возможность проследить известные рудные тела и выявить новые объекты (Moreira et al. 2016, Nasreddine et al. 2013, Gharibi et al. 2012).

Информация о строении большинства разрабатываемых золоторудных месторождений в России (за исключением новых) основана на результатах геологоразведочных работ, проведённых двадцать и более лет назад. Эти работы включали в основном литогеохимическое опробование, проходку канав, бурение и геофизические исследования по технологиям прошлых лет. И если основная рудная залежь исследована подробно для подсчёта и постановки на баланс запасов, то фланги месторождений изучены менее детально. При эксплуатации золоторудных месторождений возникает задача доразведки флангов с целью прироста запасов и планирования горных работ. Для решения подобной задачи на одном из месторождений в Бурятии (Восточные Саяны) мы применили современный метод электротомографии с измерением вызванной поляризации в площадном варианте.

Месторождение относится к малосульфидному золото-кварцевому жильному типу (Korolkov 2007). Оно расположено в горной местности с абсолютными отметками высот 2300-2500 м, в зоне распространения многолетнемерзлых пород до глубины 200 м. Мощность перекрывающих рыхлых отложений незначительна, за исключением осыпей. Золотоносные кварцевые жилы залегают преимущественно среди гнейсо-гранитов и приурочены к зонам расщеливания и милонитизации по тектоническим нарушениям. Основными структурными элементами месторождения являются крутопадающие (60-70°) тектонические зоны северо-западного простирания (рудная зона № 1 и 2). Породы в рудной зоне №1 интенсивно катаклазированы, расщелированы, милонитизированы и подвергнуты вторичным гидротермальным изменениям. Общая глубина разведанности месторождения составляет 180 м. Сульфидная минерализация, в основном, представлена пиритом (5-10%), реже встречаются галенит, сфалерит, пирротин, видимое золото.

Методика работ

При измерениях применялась аппаратура «Скала-64», разработанная в ИНГГ СО РАН и выпускаемая серийно фирмой ООО «Конструкторское бюро электротометрии» (Россия). В этой электроразведочной станции 16 измерительных каналов опрашивают 64 электрода. Стандартное расстояние между электродами в двух кабелях по 32 электрода составляет 5 м, а длина линии 315 м. Для увеличения глубинности исследований мы применили специальные устройства, которые позволяют подключить 4 стандартных кабеля и опрашивать электроды с шагом 10 м. Таким образом, общая длина кабеля составила 630 м. Нарастивание длины профиля проводилось способом нагоняющей (roll-a-long), когда первый сегмент косы из 32 электродов переносится вперёд по профилю. Измерения выполнялись по сети субпараллельных профилей. Семь профилей длиной по 950 м и три профиля по 630 м. Последовательность соответствовала прямой и встречной трёхэлектродным установкам. Электрод С выносился в «бесконечность» на расстояние 2 км от профиля наблюдений.

Максимальный разнос АО составил 550 м, что обеспечило глубинность исследований около 200 м. В качестве электродов применялись стальные стержни с медным покрытием длиной 0,5 м диаметром 0,1 см. Места заземлений проливались солёной водой для снижения переходных сопротивлений (R_3). Уровень R_3 изменялся в пределах 20-40 кОм.

В режиме измерения вызванной поляризации (ВП) длительность импульса зарядки среды составляла 100 мс, длительность паузы – 160 мс. Поляризуемость (m) среды оценивалась по параметру «заряжаемости» - интегральной характеристике, представляющей собой площадь под кривым спадом ВП в диапазоне времён 20-180 мс.

Результаты

Интерпретационными критериями для выделения на картах и разрезах УЭС зон катаклаза и милонитизации является их низкое УЭС по сравнению с вмещающей толщей. Чем выше степень дробления породы, тем ниже УЭС субстрата. Таким образом УЭС зоны милонитизации ниже, чем зоны катаклаза. Индикатором присутствия в зонах дробления неокисленных сульфидов является повышенная их поляризуемость. При этом, в первом приближении, интенсивность поляризуемости возрастает при увеличении объёмного содержания сульфидов.

На рис. 1 показана объёмная геоэлектрическая модель распределения УЭС и поляризуемости. В модели УЭС изоповерхностью 7 кОм·м выделены зоны пониженного УЭС. Области с меньшим сопротивлением полупрозрачные. В модели поляризуемости показаны области со значениями m более 20 мВ/В. Они пространственно совпадают с участками пониженного сопротивления. Известная рудная зона №1 выделяется линейной крутопадающей проводящей структурой с повышенной поляризуемостью. Зона №2 отмечается нечёткой областью пониженного УЭС со слабой поляризуемостью. К юго-западу от зоны №1 выделяется мощная (80-100 м) крутопадающая зона низких УЭС, сопровождающая высокой поляризуемостью. Такой набор геофизических признаков говорит о высокой перспективности выделенной структуры на золотое оруденение.

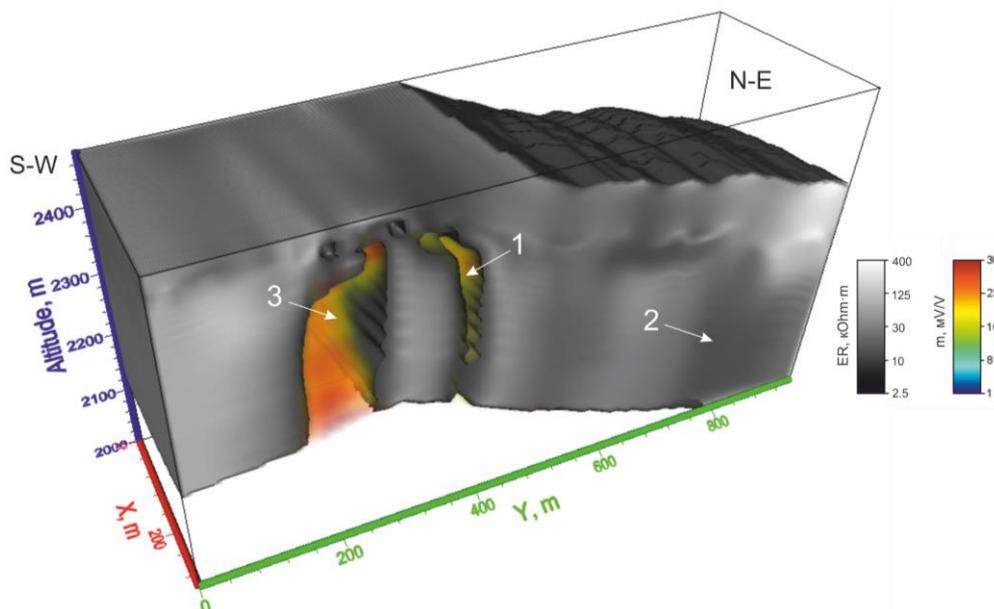


Рисунок 1 Объёмное распределение УЭС и поляризуемости: 1 - известная рудная зона №1; 2 - известная рудная зона №2; 3 - неизвестная ранее рудная зона.

На рис. 2 приведены срезы объёмной геоэлектрической модели в виде карт УЭС и поляризуемости пород на глубине 100 м, наложенных на рельеф местности. Подробное представление данных позволяет увидеть особенности строения рудных зон в плане с учётом рельефа местности и спланировать разведочное бурение. Известные рудные зоны и их апофизы прослеживаются на картах распределения УЭС линейными зонами пониженного и низкого УЭС к краевым частям которых (зальбандам) приурочены аномалии поляризуемости, вызванные сульфидизацией.

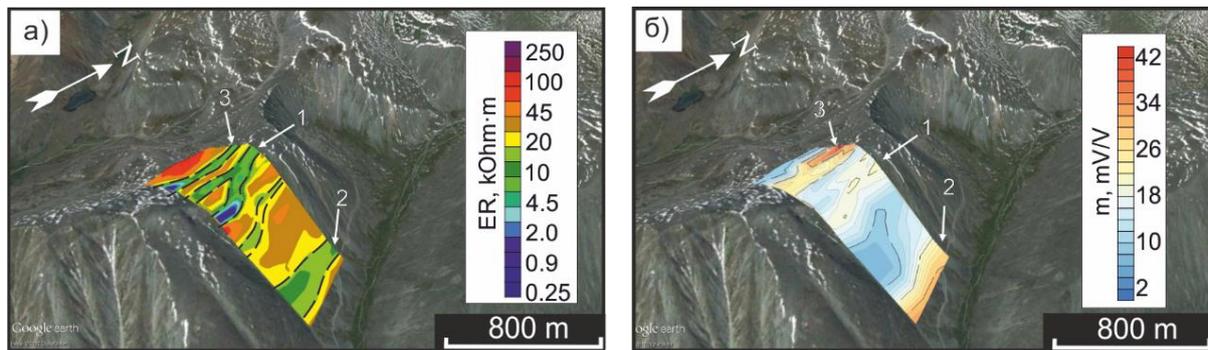


Рисунок 2 Карты распределения УЭС и поляризуемости на глубине 100 м: 1 - известная рудная зона №1; 2 - известная рудная зона №2; 3 - неизвестная ранее рудная зона.

Выводы

Проведённые исследования показали, что электротомография с измерением вызванной поляризации позволяет эффективно выделять рудоконтролирующие структуры в геологических условиях Восточных Саян, несмотря на сложность рельефа, трудоёмкость заземлений и многолетнемёрзлое состояние пород. Известны рудные зоны картируются по линейным геоэлектрическими аномалиям пониженного УЭС с повышенной поляризуемостью. По этому же набору интерпретационных критериев выделена неизвестная ранее перспективная рудоконтролирующая структура.

Благодарности

Авторы выражают благодарность главному геологу ПАО «Бурятзолото» Г.Б. Шуляку за предоставленную геологическую информацию, обсуждение и конструктивную критику материалов.

Библиография

1. Татьков И.Г., Татьков Г.И., Бадерин А.М., Ковбасов К.В. Результаты электротомографии при поисках рудного золота в условиях криолитогеоза и альпинотипного рельефа Северного Прибайкалья // Разведка и охрана недр. – 2014. – № 1. – С. 32-38.
2. Корольков А. Т. Геодинамика золоторудных районов юга Восточной Сибири / А. Т. Корольков. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. – 251 с.
3. Anthony R. A. Evaluation of Iron Ore Deposits in Elayiram Pannai, Sattur Taluk, Virudhunagar District and Tamilnadu using 2D Electrical Resistivity Imaging // Journal of Applied Sciences and Environmental Management. – 2012. – Т. 16. – №. 2. – С. 171-173.

4. Bery A. A. et al. Electrical resistivity and induced polarization data correlation with conductivity for iron ore exploration //The Electronic Journal of Geotechnical Engineering. – 2012. – Т. 17. – С. 3223-3233.
5. Moreira C. A. et al. Geophysical modeling in gold deposit through DC Resistivity and Induced Polarization methods //REM-International Engineering Journal. – 2016. – Т. 69. – №. 3. – С. 293-299.
6. Park J. O., You Y. J., Kim H. J. Electrical resistivity surveys for gold-bearing veins in the Yongjang mine, Korea //Journal of Geophysics and Engineering. – 2009. – Т. 6. – №. 1. – С. 73.
7. Nasreddine B., C. Ellen and H. Rob (2013). Discovery of polymetallic porphyry at the Silver Queen, British Columbia using airborne EM and TITAN-24 DCIP and MT surveys. Interpretation, 1:T101-T112.DOI: 10.1190/INT-2013-0044.1
8. Gharibi, M., K. Killin, D. McGill, B. H. William, and R. Trent (2012). Full 3D Acquisition and Modelling with the Quantec 3D System-The Hidden Hill Deposit Case Study. ASEG Extended Abstracts, 1: 1-4.

Контактная информация

Оленченко Владимир Владимирович

OlenchenkoVV@ipgg.sbras.ru

+7(383)3307908

630090, Россия, Новосибирск, пр. академика Коптюга, 3

Reference

1. Tatkov, I.G., Tatkov, G.I., Baderin, A.M., and Kovbasov, K.V. [2014] The results of ERT to prospecting of gold ore in permafrost and alpine terrain of Northern Baikal region. *Prospect and protection of mineral resources*, **1**, 32-38.
2. Korolkov, A.T. [2007] *Geodynamics of gold ore regions of the south of Eastern Siberia*. Publishing house Irkutsk State University. Irkutsk.
3. Anthony, R. A. [2012] Evaluation of Iron Ore Deposits in Elayiram Pannai, Sattur Taluk, Virudhunagar District and Tamilnadu using 2D Electrical Resistivity Imaging. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, **16** (2), 171-173.
4. Bery, A. A., Saad, R., Mohamad, E. T., Jinmin, M., Azwin, I. N., Tan, N. M. A. and Nordiana, M. M. [2012] Electrical resistivity and induced polarization data correlation with conductivity for iron ore exploration. *The Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, **17**, 3223-3233.
5. Moreira, C. A., Borssatto, K., Ilha, L. M., Santos, S. F. D. and Rosa, F. T. G. [2016] Geophysical modeling in gold deposit through DC Resistivity and Induced Polarization methods. *REM-International Engineering Journal*, **69**(3), 293-299.
6. Park, J. O., You, Y. J. and Kim, H. J. [2009] Electrical resistivity surveys for gold-bearing veins in the Yongjang mine, Korea. *Journal of Geophysics and Engineering*, **6**(1), 73.
7. Nasreddine, B., Ellen C. and Rob H. [2013] Discovery of polymetallic porphyry at the Silver Queen, British Columbia using airborne EM and TITAN-24 DCIP and MT surveys. *Interpretation*, **1**:T101-T112.
8. Gharibi, M., Killin, K., McGill, D., Henderson, W. B., and Retallick, T. [2012] Full 3D acquisition and modelling with the Quantec 3D system-the Hidden Hill Deposit case study. *ASEG Extended Abstracts*, **1**, 1-4.