

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Давыденко Ю.А., руководитель департамента геофизики Сибирской Школы Геонаук, ФГБОУ ВО ИРНИТУ, ООО «Гелиос», davidenkoya@gmail.com,
Шкиря М.С., м.н.с., ФГБОУ ВО ИРНИТУ, mshkiria@geo.istu.edu,
Гуревич Д.В., геолог-консультант, dmgurevich@gmail.com,

Введение. На поисковой стадии и стадии прироста запасов комплексом геофизических и геохимических методов решаются следующий круг задач, необходимый для оптимизации буровых работ: выявление новых рудных тел, связанных с молибденово-медной и медной минерализацией, оконтуривание уже известных рудопроявлений; выявление особенностей распределения оруденения; выявление глубинной корневой зоны медно-порфирикового оруденения и подводящих путей, в том числе, к уже изученным рудным участкам; выявление слепых рудных тел, не имеющих выхода на дневную поверхность; выявление зоны окисленных руд и контактов зон окисленной и сульфидной минерализации. Приведенные выше задачи успешно решаются с использованием технологии электромагнитного зондирования и вызванной поляризации (ЭМЗ-ВП). В результате применения данной технологии в трехмерной геоэлектрической модели объекты порфирикового типа выделяются по аномалиям удельного электрического сопротивления (УЭС) в сочетании с аномалиями поляризационных параметров, которые получаются путем решения обратной задачи как в рамках горизонтально-слоистой модели, так и в трехмерном приближении.

В работе приводятся анализ результатов съемок, выполненных сервисной геофизической компанией ООО «Гелиос» в Казахстане в 2018 и 2020 гг, поставленных с целью поиска медно-порфириковых систем.

Теория.

Метод вызванной поляризации – наиболее популярный метод исследования медно-порфириковых систем, это связано, с одной стороны, с высокой поляризуемостью сульфидов, с другой – с присутствием сульфидов во всех зонах порфириковых систем (кроме зоны окисления). К сожалению, аномалии поляризации связаны не только с сульфидами Cu и Mo, но также и с гораздо более распространенными сульфидами железа – пиритом и пирротинном. Из этого следует, что большая часть аномалий поляризации отражает не сами рудные тела (зоны), но безрудные зоны пиритизации, в том числе - так называемые «пиритовые рубашки», относящиеся к внешним зонам порфириковой минерализации. Из-за хорошей электропроводности сульфидов аномальная поляризуемость часто сопровождается пониженным электрическим сопротивлением; эта особенность позволяет применять в качестве поискового инструмента так называемый «металл-фактор», рассчитываемый как значение поляризуемости, деленное на значение сопротивления. Однако следует иметь в виду, что объемное сопротивление породы зависит не только от наличия и количества сульфидов, но и от характера их распределения. Штокверк, образованный контактирующими прожилками сульфидов, характеризуется низким сопротивлением; напротив, рассеянные сульфиды могут не оказывать заметного влияния на его объемное сопротивление породы [5]. В итоге ряд порфириковых объектов с вкрапленной сульфидной минерализацией, находящихся ниже зоны окисления, обладаю высокими значениями УЭС, достигающими в несколько 3000-5000 Ом*м, что не позволяет их обнаружить большинством электроразведочных технологий.

Методы исследования.

ЭМЗ-ВП – метод импульсной электроразведки, использующий полную форму переходного процесса), что позволяет перейти от использования кажущихся параметров (ρ_k и η_k) к полноценному решению задач одномерной или трехмерной инверсии с учетом частотной дисперсии электропроводности для становления поля горизонтального электрического диполя [4]. Разрез возбуждается электрическим диполем АВ последовательностью разнополярных импульсов тока, возникающая разность потенциалов в виде переходных процессов измеряется на приемных электродах в токовой паузе, как и амплитуда поля во время пропускания токового импульса. Такой подход позволяет устойчиво выделять эффект вызванной поляризации в исследуемых породах и, в конечном итоге, перейти от традиционных кажущихся параметров (кажущегося сопротивления (R_{ho}) и кажущейся поляризуемости (E_{ta})) к построению трехмерных геоэлектрических моделей по результатам решения обратной задачи в рамках горизонтально-слоистых и трехмерных поляризующихся моделей.

Основной целью применения технологии ЭМЗ-ВП являлось определение зон сульфидной минерализации на глубине до 1 км, характеризующихся аномальной вызванной поляризуемостью и контрастными значениями удельного электрического сопротивления (УЭС). Длительность токовой паузы была выбрана в 125 мс, что в условиях преимущественно высокоомного разреза позволяет регистрировать в переходном процессе «полку», обусловленную влиянием вызванной поляризации.

Всего работы методом ЭМЗ-ВП были проведены в Казахстане на 3-х участках в 2018 г. и на одном в 2020 г.

Первые три участка находятся на Шуакской лицензионной площади с многочисленными проявлениями золота и меди, расположенной на севере Казахстана в северо-восточной части Астанинской области (примерно в 60 км от г. Степногорск).

Четвертый участок Каншоки 2020 г. располагался в 20 км от села Журекадыр Абайского района Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан.

При шаге в 25 м по профилю общая протяженность профилей составила 78 пог.км на Шуакской площади и 113 пог.км на площади Каншоки.

Результаты и их обсуждение.

Ниже представлены кратко представлены результаты моделирования по одному из трех участков на Шуакской площади. Одномерное моделирование (моделирование в рамках горизонтально-слоистой среды) позволило выделить зоны повышенной поляризуемости и пониженного сопротивления, интерпретируемые как зоны сульфидизации, что было подтверждено результатами бурения скважины MN-18, которая вскрыла прогнозируемую зону Cu-Mo минерализации, расположенную к югу от опытного карьера. Зоны пониженной поляризации и пониженного сопротивления в верхней части разреза, интерпретируются как зоны окисленной минерализации, также были заверены буровым скважинами (Рисунок 1).

По результатам комплексного анализа проведенных работ на Шуакской лицензионной площади было пробурено около 20 колонковых скважин. Скважины, пробуренные в пределах наиболее контрастных аномалий вызванной поляризации, подтвердили наличие ореолов сульфидной минерализации, включая ореолы с преобладанием пирита либо халькопирита и молибденита.

Поскольку процесс окисления в условиях Казахстанских степей наиболее интенсивно идет до глубины около 50 м, то интервал от 50 до 100 м рассматривается как наиболее информативный для картирования малоглубинных тел и ореолов сульфидной минерализации. Области с пониженными значениями УЭС хорошо согласуются с рудоконтролирующими структурами: брекчиями с турмалиновым цементом и разломами, картированными по данным геологической съемки. [3].

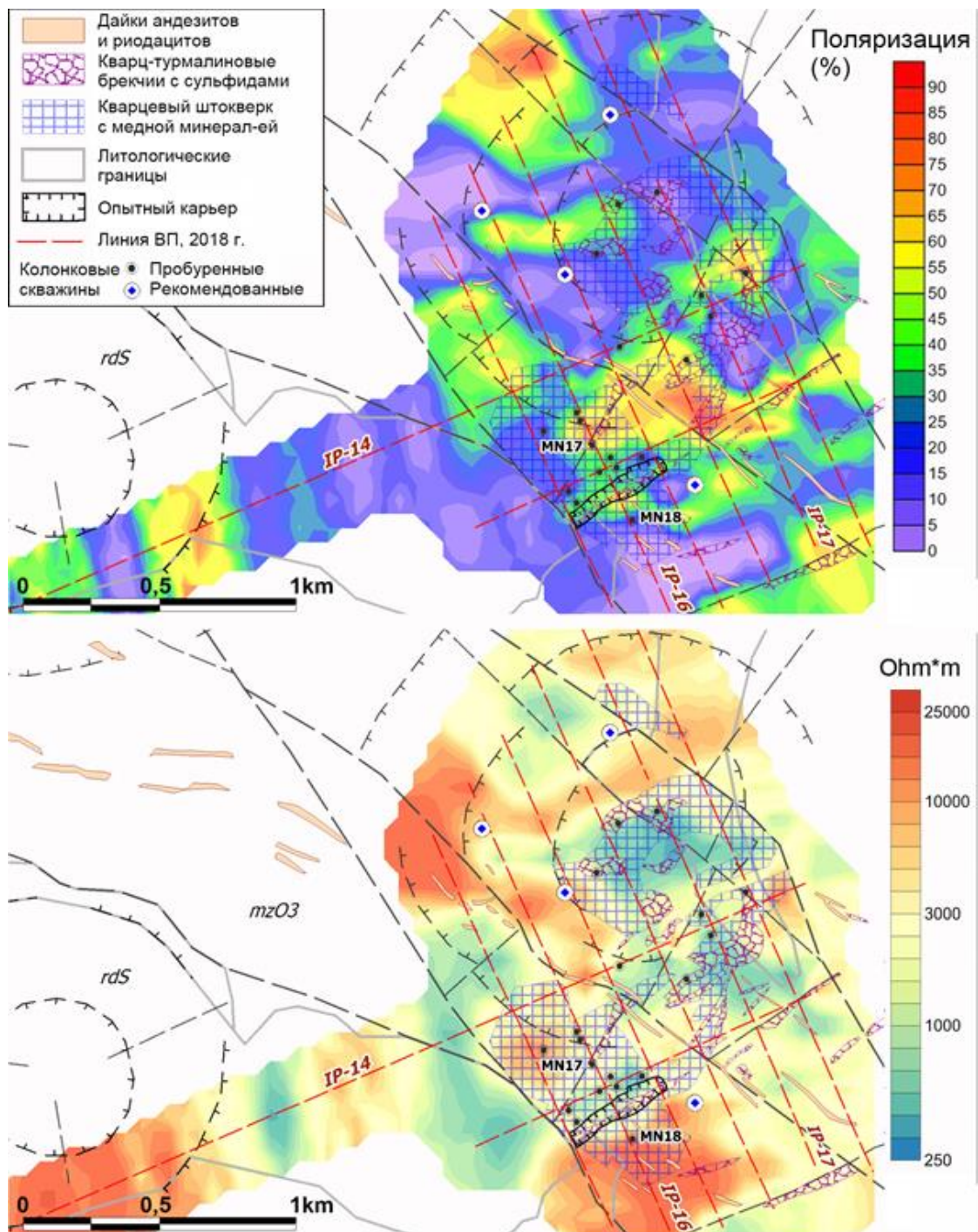


Рис. 1. Участок Северный Шуакской площади. Карты поляризуемости (а) и УЭС (б) по результатам одномерной инверсии на интервале глубин от 50 до 100 м на геологической основе

Во время работ 2020 г. на площади Каншоки помимо площадной съемки было записано несколько поисковых «региональных» профилей. На рисунке 2 приведены результаты трёхмерной инверсии в виде объёмной модели, одновременно отражающие объекты с высокой поляризуемостью и объекты с низким значениями УЭС.

Высокие контрасты рудных объектов в верхней части разреза не позволили на сегодня получить устойчивую трёхмерную модель участка на глубину до 1 км, фактическая глубинность исследований ограничивается 500-600 м. по абсолютной отметке. Иными словами, высокоамплитудные аномалии по УЭС и поляризуемости от рудных объектов, находящиеся преимущественно в верхних 200-300 м. в десятки раз превышают отклик от глубинных объектов.

Исходя из полученных данным, площадь Каншоки обладает значительным потенциалом для существенного увеличения запасов и ресурсов как «окисленной», так и сульфидной меди. Рудный потенциал всей порфировой системы (включая площадь месторождения золота на восточном окончании) также не был определен. При этом наиболее перспективной остается западная часть системы, локализованная в пределах вулканического центра силурийского возраста [1].

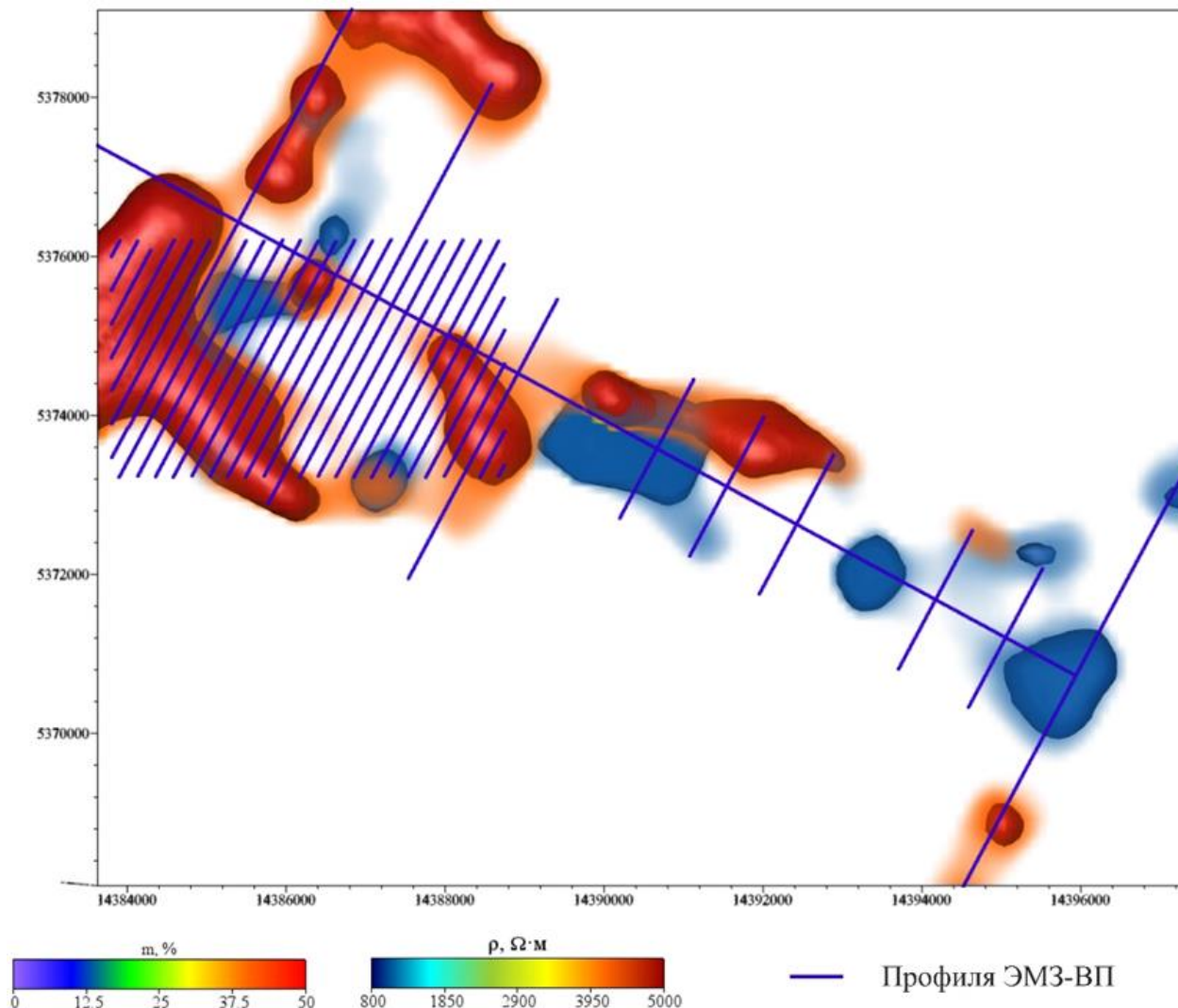


Рис. 2. Проекция проводящих и поляризующихся аномалий по результатам трёхмерной инверсии (вид сверху)

Выводы

Путем применения массовой инверсии данных ЭМЗ-ВП, выполненной в рамках одномерной и трехмерной поляризующихся моделей, были выделены области с аномально высоким ВП, обусловленной наличием вкрапленной сульфидизации.

Результаты электромагнитных исследований, в сочетании с имеющимися геологическими и геохимическими данными, позволили оконтурить зоны проявления сульфидной минерализации, в пределах которых были выделены участки для дальнейшей оценки.

Наземные электроразведочные технологий в комплексе с другими геофизическими и геохимическими методами используются на поисковой стадии для выявления глубинных структур с целью оптимизации поискового бурения, что объясняет широкий интерес к методам электромагнитных зондирований, сформировавшийся в течение последних трех десятилетий как в России, так и в мире.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-67-47037 «Методологическое и программное обеспечение обработки больших объемов данных электромагнитных зондирований, гравиразведки и БПЛА-магниторазведки на основе комплексного решения трехмерных обратных задач рудной геофизики».

Список литературы

1. Гуревич Д.В. Интерпретация результатов электроразведочных работ ООО «Гелиос» на площади Каншоки, Восточный Казахстан. Отчет для ТОО KZ.COPPER // Иркутск, Алматы, 2021, 27 стр.
2. Давыденко Ю.А., Попков П.А., Новопашина А.В. Перспективы использования индукционной составляющей переходного процесса в традиционных методах постоянного тока // Геофизические исследования. 2015. Т. 16, № 4. С. 73–84.
3. Belova A. Y., Shkiryayeva M. S., Shoykhnova T. S. [et al.] Application of 3D modeling of electromagnetic sounding data to identify zones of sulfide mineralization of copper-porphyry type in the territory of northern Kazakhstan // 17th Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics 2021: 17, Gelendzhik, 26–30 апреля 2021 года. – Gelendzhik, 2021. – DOI 10.3997/2214-4609.202152039.
4. Davidenko, Y.A., I.Y. Pesterev, S.V. Yakovlev, M.A. Davidenko., A.V. Komyagin, and D.M. Shimyansky, 2012, Method of measurement and processing of transient processes with grounded line under pulsed excitation of field by electric dipole in order to construct geoelectric sections and device for carrying out the method using hardware software electro-prospecting complex (HSEPC "MARS"). Patent for invention, RU, №2574861.
5. Zhdanov, M. S., 2010, Electromagnetic geophysics: Notes from the past and the road ahead. Geophysics, Vol. 75, No. 5, p. 75A49–75A66.